



Fachtagung am 26. Juni 2002

Effiziente Energienutzung in der Galvanik- industrie

Augsburg, 2002 – ISBN 3-936385-06-8

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.bayern.de/lfu>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Veranst.):

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie (Augsburg 26. Juni 2002). Augsburg, 2002

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU).

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg 2002

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Einführung	2
Dr. Michael Rössert, LfU	
Klimaschutz und Kostenreduzierung – (k)ein Widerspruch?	5
Dr. Josef Hochhuber, LfU	
Möglichkeiten und Potenziale rationeller Energienutzung in Anlagen der Galvanikindustrie am Beispiel der THOMA Metallveredelung GmbH, Heimertingen	12
Dipl.-Ing. Gerhard Lips , LGA Bayern Dipl.-Ing. Karl Beyer, Ingenieurbüro Beyer, Nürnberg	
Erfahrungen eines Betriebes der Galvanikindustrie bei der Ermittlung von Energiesparpotenzialen	21
Andrea Thoma-Böck, Dipl.-Ing.(FH) Rolf Koch, Thoma Metallveredelung GmbH & Co KG, Heimertingen	
Aktivitäten der ZVO Lenkungsgruppe Umwelt im Bereich der rationalen Energienutzung	26
Dipl.-Ing. Josef Hasler, Lenkungsgruppe Umwelt im Zentralverband Oberflächentechnik e.V., Hilden	
Energieoptimierter Einsatz von Gleichstromversorgungen in der Galvanotechnik	37
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschaftsing.(FH) Thomas Mark, MUNK GmbH, Hamm	
Energieeffiziente Trocknung nach dem Kondensationsprinzip mit Wärmerückgewinnung	54
Dipl.-Ing.(FH) Joachim Bach, HARTER Oberflächen- und Umwelttechnik GmbH, Stiefenhofen	
Anlagenkonzepte zur energieeffizienten Trocknung in der Galvanikindustrie	65
Dipl.-Ing. Andreas Lewin, Richard Tscherwitschke GmbH, Leinfelden-Echterdingen	
Energetische Optimierung einer Eloxalanlage mit Hilfe von Warmwasserspeichern	72
Dipl.-Ing. Dieter Köhler, enwikon Energiewirtschaftliche Konzepte GmbH, München	
Auslegung von Abluftanlagen und Maßnahmen zur Reduzierung von Abluftmengen	81
Dipl.-Ing. (FH) Rudolf Kreisel, Fachverband Oberflächentechnik e.V., Nürnberg	
Referenten	92

Einführung

Dr. Michael Rössert, LfU

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich begrüße Sie sehr herzlich zu unserer Fachtagung „Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie“ hier im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz in Augsburg und bedanke mich für Ihr Kommen.

Seit Mitte der siebziger Jahre mehren sich die Indizien dafür, dass die modernen Industriegesellschaften durch die massenhafte Freisetzung sogenannter Treibhausgase eine unnatürliche Erwärmung der Erdatmosphäre verursachen. Das wichtigste Treibhausgas ist in Deutschland mit ca. 85 % das Kohlendioxid (CO₂), das insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt wird.

Nach Berechnungen eines 1988 gegründeten und seitdem mit der Auswertung der weltweiten Klimaforschung beauftragten „Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen“ (International Panel on Climate Change IPCC) liegt die Bandbreite eines bis 2100 zu erwartenden Temperaturanstiegs nach dem 3. Bericht aus dem Frühjahr 2001 zwischen 1,4 und 5,8 °C. In den ersten beiden Berichten war von der gleichen Expertengruppe noch ein geringerer Temperaturanstieg erwartet worden. Die auf einem breiteren Wissensstand erstellten Prognosen haben damit die Wahrscheinlichkeit eines vom Menschen verursachten weltweiten Temperaturanstieges weiter erhärtet.

Nach der auf dem Umweltgipfel von Rio im Jahr 1992 gezeichneten Klimarahmenkonvention, nach der sich die Völkergemeinschaft erstmals zur Notwendigkeit weltweiter Maßnahmen zum Schutz des Klimas bekannt hat, wurde mit dem Kyoto-Protokoll vom Dezember 1997 ein verbindliches jedoch noch stark konkretisierungsbedürftiges Handlungskonzept zum Schutz des Weltklimas vereinbart. In diesem Protokoll verpflichteten sich die Industriestaaten, ihre gemeinsamen Emissionen der wichtigsten Treibhausgase im Zeitraum 2008 bis 2012 um mindestens 5 Prozent im Vergleich zu 1990 zu senken. Auf den Vertragsstaatenkonferenzen in Bonn (Juli 2001) und Marrakesch (Okt./Nov. 2001) wurden hierzu die zur Umsetzung des Protokolls erforderlichen Einzelheiten beschlossen.

Im Rahmen der Lastenverteilung hat sich die Bundesrepublik verpflichtet, für den Zeitraum 2008 bis 2012 ihre Treibhausgasemissionen um 21 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 zu senken. Die Europäische Gemeinschaft hat sich insgesamt zu einer Minderung von 8 % verpflichtet. Zusätzlich hat sich die Bundesrepublik als Klimaschutzziel eine Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen bis 2005 um 25 % gegenüber dem Niveau von 1990 vorgegeben.

Bayern verfolgt in seinem Klimaschutzprogramm das Ziel bis 2010 den CO₂-Ausstoß von rund 90 Millionen Tonnen (1999) auf 80 Millionen Tonnen zu senken. Die Pro-Kopf-Emissionen liegen in Bayern allerdings deutlich unter dem Bundesdurchschnitt.

Hierzu ist noch anzumerken, dass die EU-Kommission eine langfristige Absenkung der Treibhausgasemissionen um 70 % gegenüber 1990 und mittelfristig bis 2020 um 20 - 40 % für erforderlich hält.

Die Deutsche Wirtschaft hat sich verpflichtet, auf freiwilliger Basis die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 28 % und die spezifischen Emissionen der sechs Treibhausgase des Kyoto-Protokolls („Kyoto-Gase“) bis 2012 um 35 % zu senken, jeweils auf der Basis des Jahres 1990.

Im Auftrag des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen unterstützt das LfU die freiwilligen Anstrengungen der Industrie zur Verringerung ihres Energieverbrauchs und damit auch zur Senkung der CO₂-Emissionen. Eine hierzu am LfU eingerichtete Projektgruppe koordiniert und erarbeitet in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern Studien, in denen die Potenziale einer effizienten Energienutzung anlagen- und branchenspezifisch aber auch branchenübergreifend aufgezeigt werden. Diese Informationen werden in Berichtsform und im Rahmen von Tagungen – wie der heutigen – allen Interessierten zur Verfügung gestellt.

So liegen branchenspezifische Energieleitfäden vor für die Feinkeramische Industrie, Glasindustrie, Hintermauerziegelindustrie, Dachziegelindustrie, Textilveredelungsindustrie, Fleischverarbeitende Industrie, Großbäckereien und Molkereien. Vor der Herausgabe stehen Energieleitfäden für die Maschinenbauindustrie, Kunststoff-verarbeitende Industrie und natürlich für die Galvanikindustrie, unserem Thema von heute. Ein branchenübergreifender Energieleitfaden zu Raumlufttechnischen Anlagen in der Industrie steht ebenfalls kurz vor der Herausgabe. Ein branchenspezifischer Leitfaden für die Papierindustrie sowie ein Allgemeiner Energieleitfaden Industrie sind in Bearbeitung.

Daneben unterstützt das LfU Anstrengungen zur effizienten Energieverwendung in Handwerk, Handel und Dienstleistung und initiiert und koordiniert in Kooperation mit Umweltbildungszentren Bildungsangebote zur Energieeinsparung.

Das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen hat für die zum Teil sehr umfangreichen Untersuchungen die finanziellen Mittel zur Verfügung gestellt. Ich begrüße daher besonders Herrn Dr.-Ing. Meixlsperger, der sich anschließend in einem Grußwort an Sie richten wird.

Auf der heutigen Veranstaltung erfahren wir nach einer Einführung zum Thema Klimaschutz und Kostenreduzierung im ersten Teil der Veranstaltung Näheres über die Möglichkeiten, Potenziale und Erfahrungen der rationellen Energienutzung am Beispiel von zwei Betrieben der Galvanikindustrie und aus der Sicht der Lenkungsgruppe Umwelt des Zentralverbandes für Galvano- und Oberflächentechnik. Nach der Mittagspause werden die Teilaspekte Gleichstromversorgung, Trocknung, Eloxalanlage und Absauganlagen vertieft betrachtet. Abschließend steht ausreichend Zeit für eine Diskussion zur Verfügung zu u.a. Neuentwicklungen in der Galvanikindustrie.

Für ihre Bereitschaft, die heutige Fachveranstaltung mitzugestalten, bedanke ich mich auch im Namen unserer Projektgruppe bei den Referenten

- Herrn Lips von der LGA Nürnberg
- Herrn Beyer vom Ingenieurbüro Beyer, Nürnberg
- Frau Thoma-Böck und Herrn Koch von der Fa. Thoma Metallveredelung GmbH, Heimertingen
- Herrn Hasler von der Lenkungsgruppe Umwelt im Zentralverband für Galvano- und Oberflächentechnik, Düsseldorf
- Herrn Mark von der Fa. Munk GmbH, Hamm

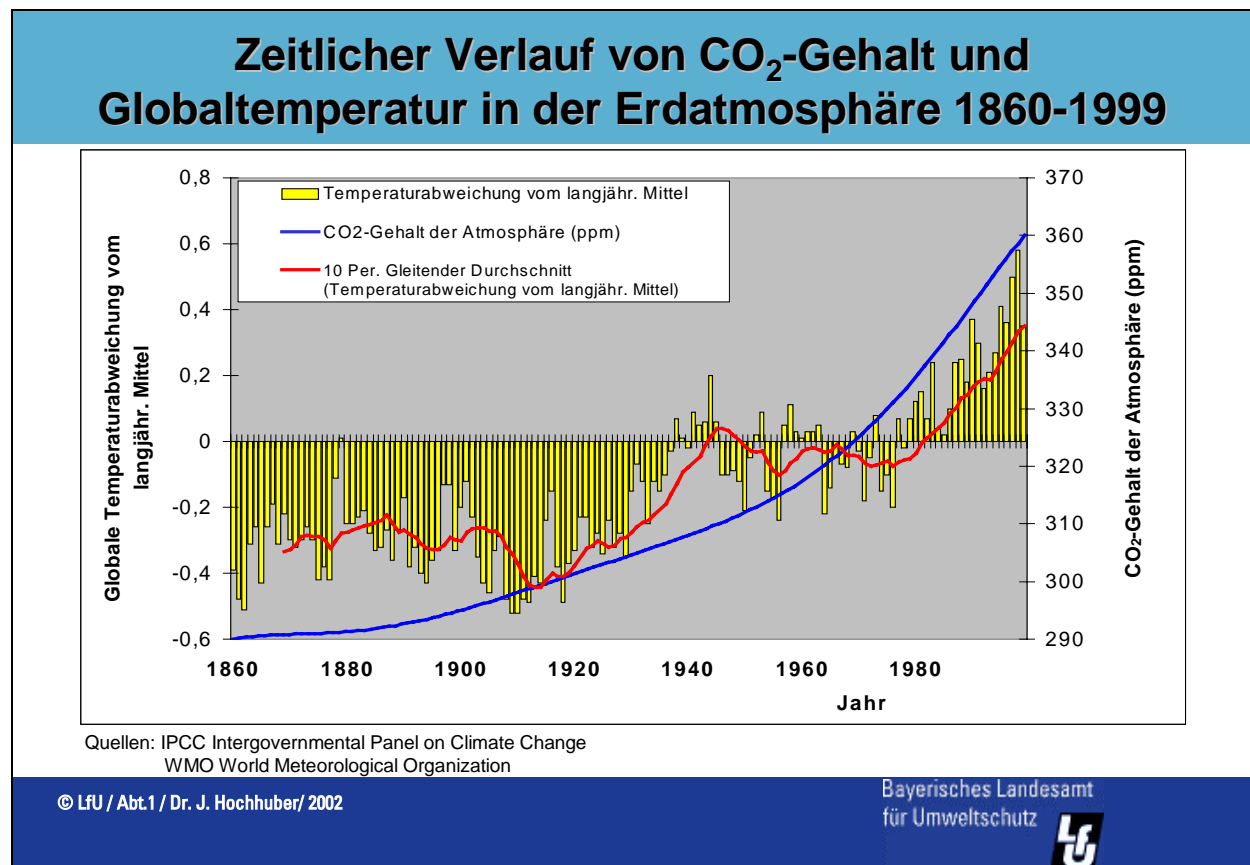
- Herrn Bach von der Fa. Harter Oberflächen- und Umwelttechnik GmbH, Harbatshofen
- Herrn Lewin von der Fa. Richard Tscherwitschke GmbH, Leinfelden-Echterdingen
- Herrn Köhler von der Fa. enwikon Energiewirtschaftliche Konzepte GmbH, München
- Herrn Kreisel vom Fachverband Oberflächentechnik e.V., Düsseldorf
- Herrn Hochhuber aus unserem Hause, der auch die Organisation und die Lenkung der Tagung übernommen hat

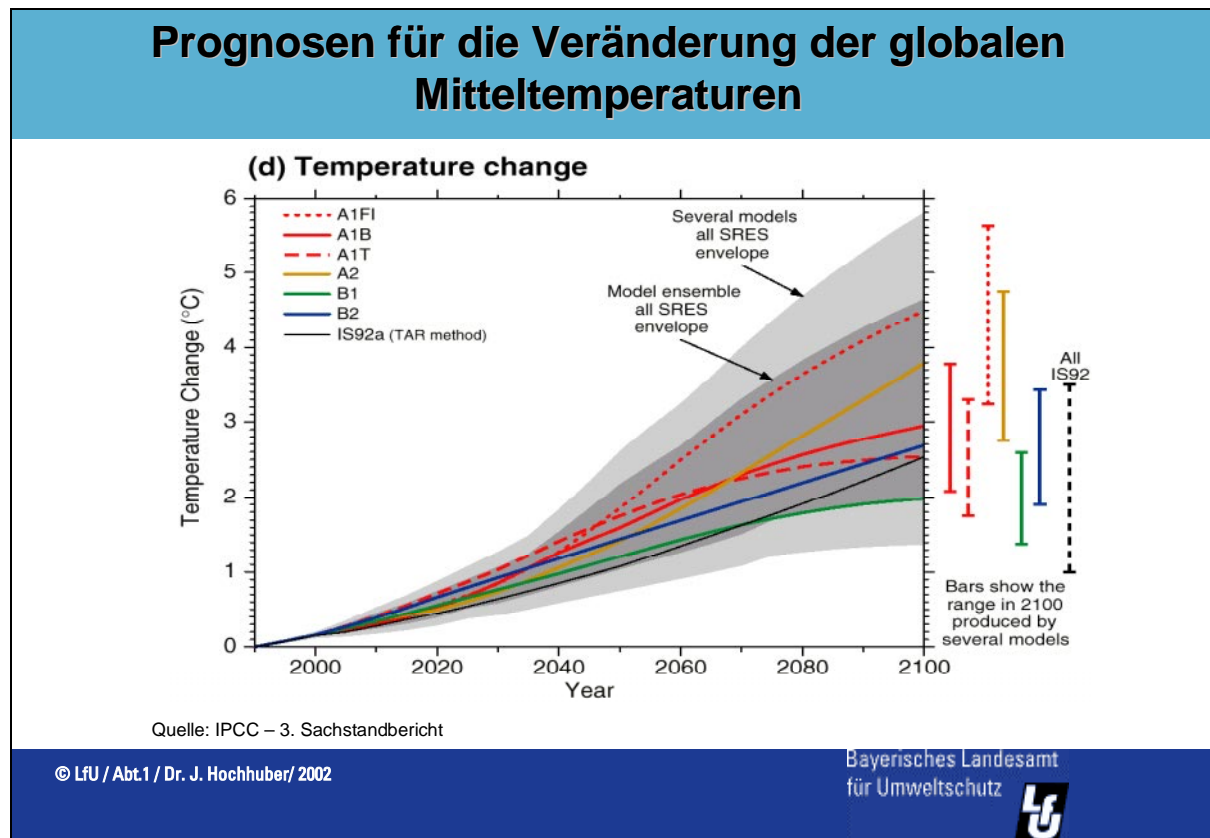
Und nun wünsche ich uns allen einen interessanten Verlauf der Veranstaltung und einen attraktiven Tag im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz.

Klimaschutz und Kostenreduzierung – (k)ein Widerspruch?

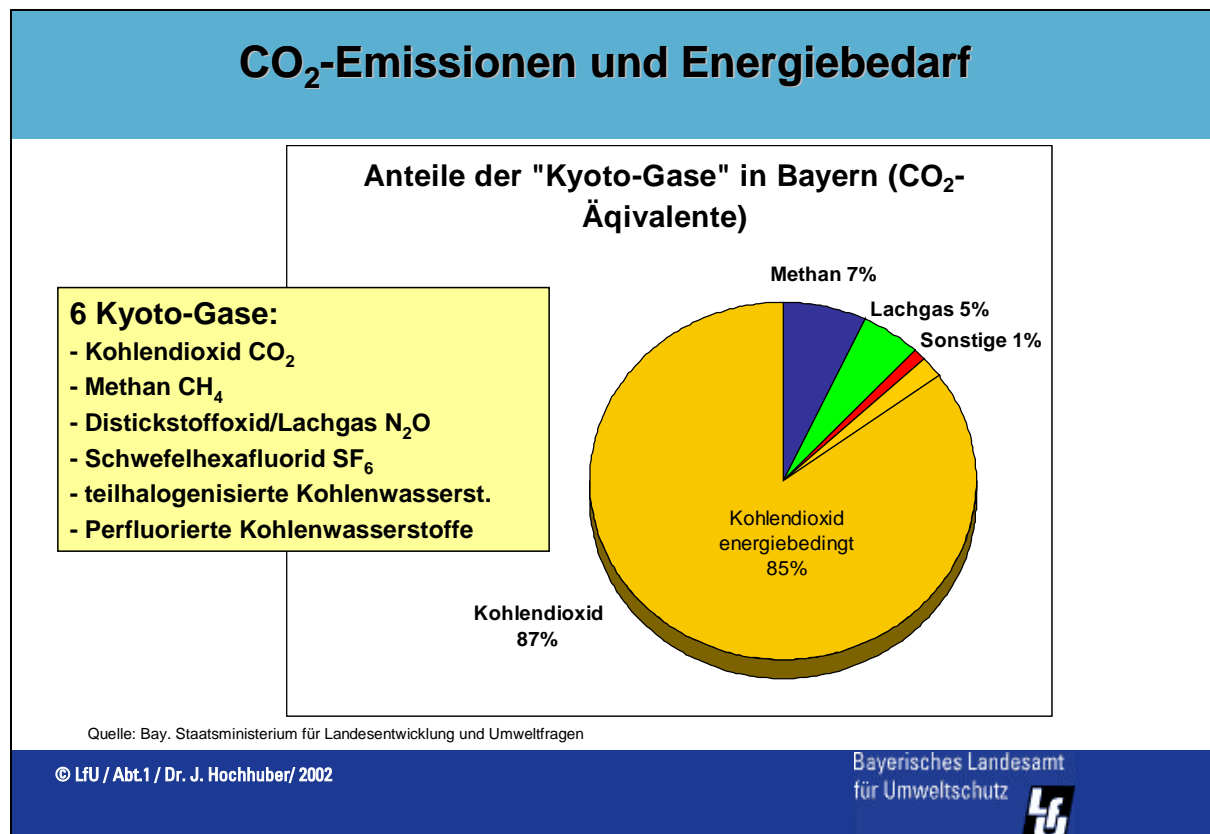
Dr. Josef Hochhuber, LfU

Klimaforscher sind sich heute weitgehend einig, dass es einen Zusammenhang gibt zwischen dem Anstieg des Kohlendioxid (CO₂)-Gehaltes in der Atmosphäre und einer Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur. Die Prognosen für den Anstieg der globalen Temperaturen in den nächsten 100 Jahre liegen bei 1,4 bis 5,8°C. Dies würde die Gefahr von Überschwemmungen, Stürmen und Dürren erheblich steigern.

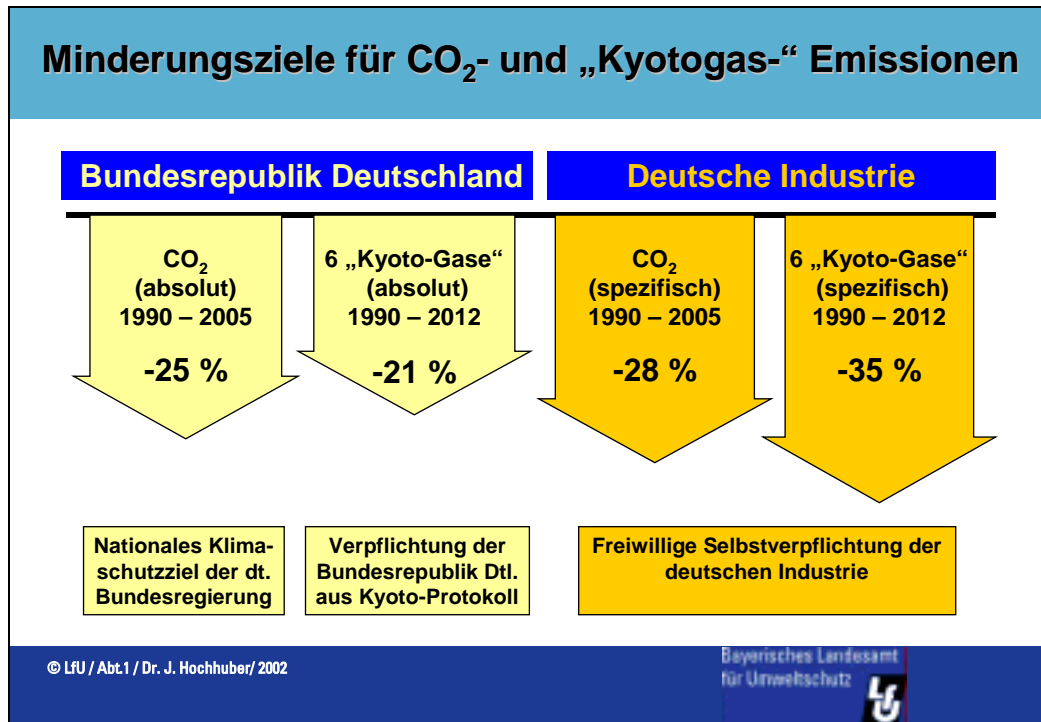




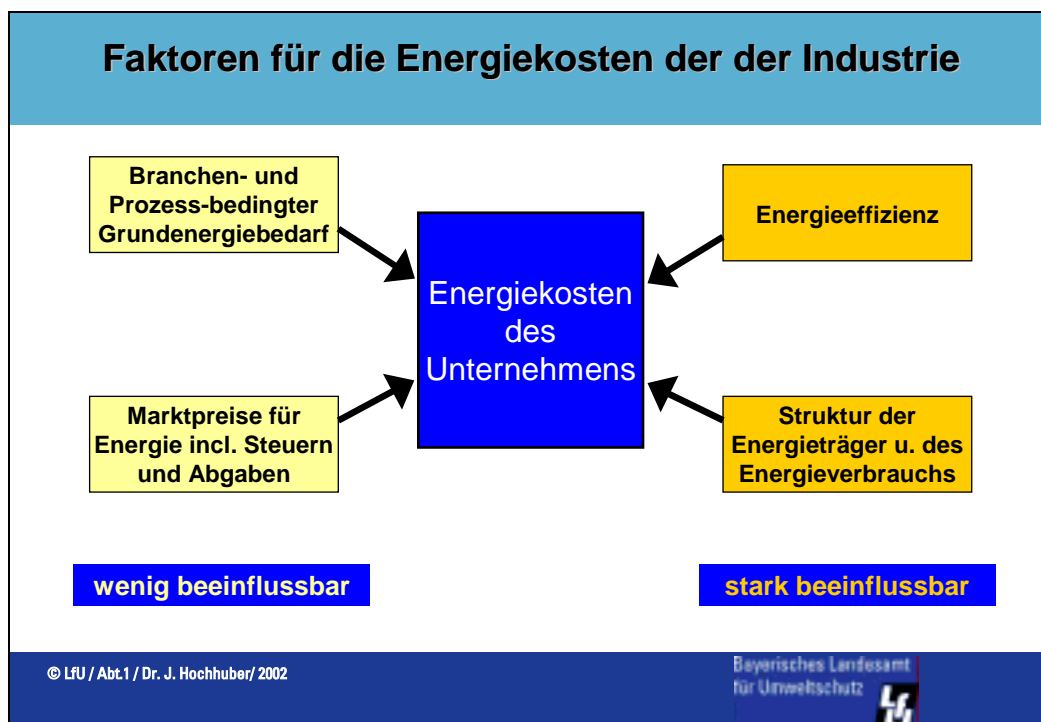
In Bayern hat CO₂ einen Anteil an den Emissionen der sechs sog. Kyoto-Gase von ca. 87%. Der starke Anstieg des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre ist weitgehend auf die Verfeuerung fossiler Energieträger zurückzuführen. 85% der hiezulande emittierten Treibhausgase sind auf die Verfeuerung fossiler Energieträger zum Zwecke der Energiebereitstellung zurückzuführen. Der effizienten Verwendung von Energie kommt daher im Sinne des Klimaschutzes entscheidende Bedeutung zu.



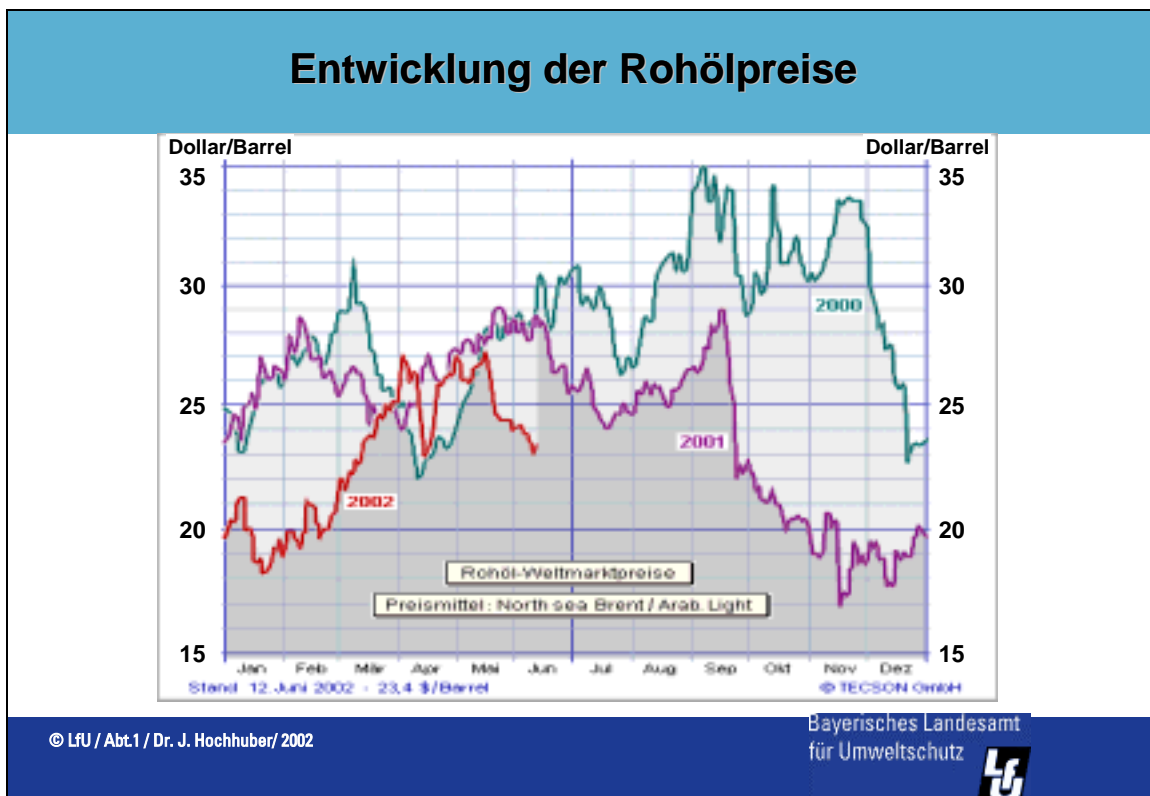
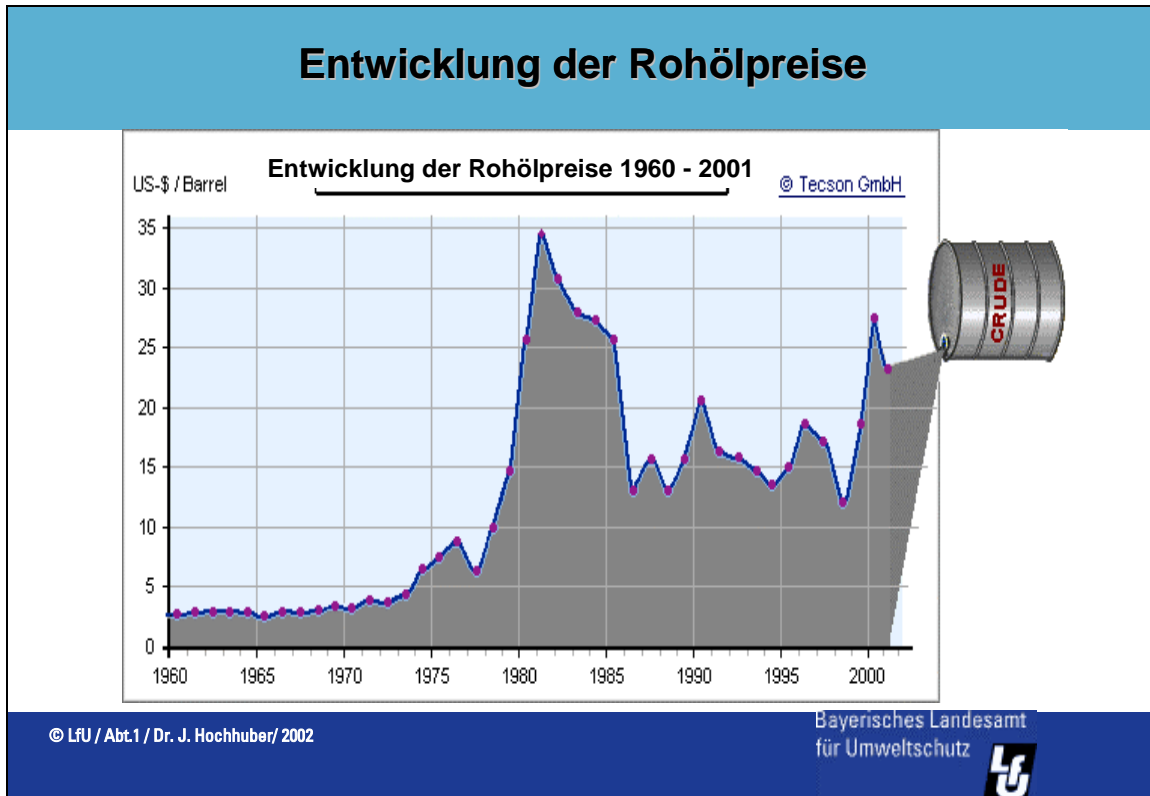
Die Deutsche Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2005 bezogen auf den Stand von 1990 die jährlichen Emissionen von CO₂ um 25% zu reduzieren. Darüber hinaus hat die Bundesrepublik kürzlich zusammen mit den übrigen EU-Staaten ihre Verpflichtung ratifiziert, in der Folge des Kyoto-Protokolls den Ausstoß der sechs „Kyoto-Gase“ bis zum Jahr 2012 um 21% zu senken. Auch der größte Teil der deutschen Industrie hat sich zu einer erheblichen Senkung der Emissionen von Treibhausgasen bezogen auf seine Produktion (je nach Branche z.B. Umsatz, Produktionsmenge) in einer freiwilligen Selbstverpflichtung bekannt. Die ist Ausdruck dafür, dass von der Industrie selbst noch erhebliche weitere Energiesparpotenziale gesehen werden.



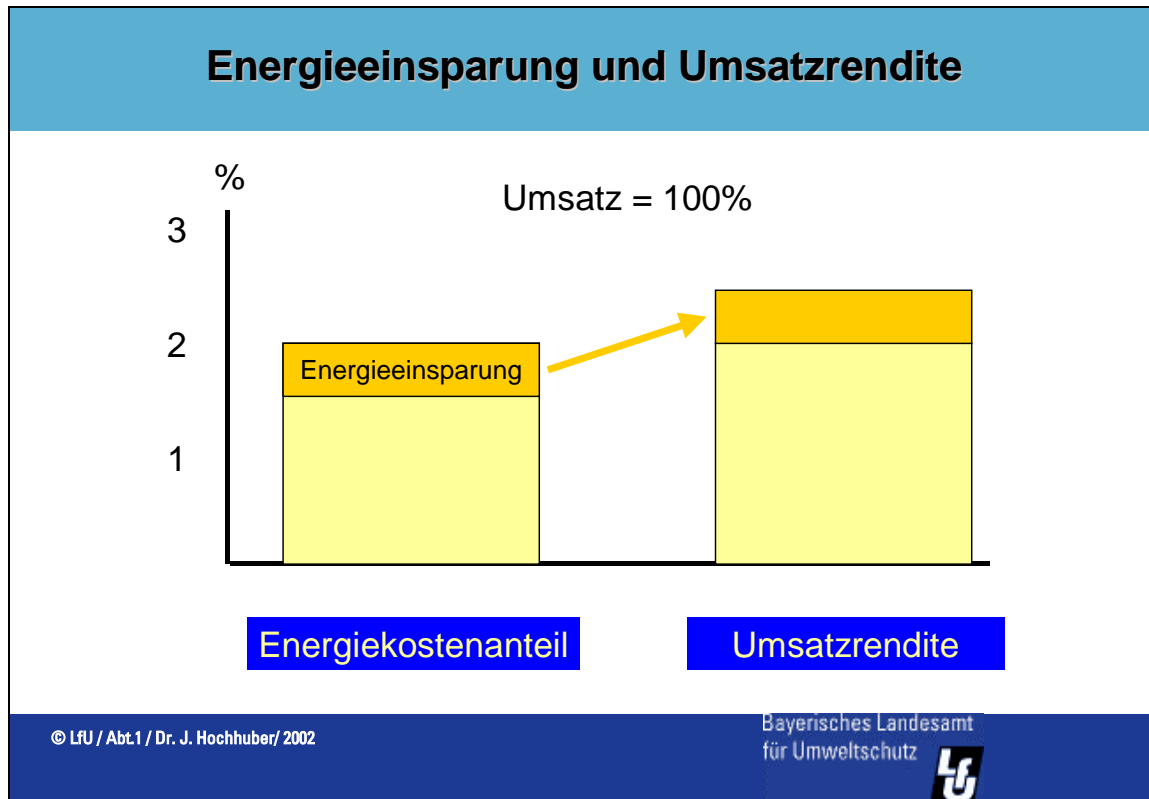
Die Energiekosten eines Unternehmens werden im Wesentlichen bestimmt vom Prozessbedingten Grundenergiebedarf, von den Marktpreisen für Energie (incl. Steuern und Abgaben), von Struktur der betrieblichen Energieträger bzw. der Verbrauchsstruktur und von der Energieeffizienz. Letztere lässt sich vom Betrieb sehr gut beeinflussen und soll hier näher thematisiert werden.



Durch Steigerung der Energieeffizienz ist in deutschen Industriebetrieben seit den Siebziger Jahren der Anteil der Energiekosten am Umsatz um die Hälfte gesunken. Dies zeigte sich deutlich darin, dass die Industrie den starken Anstieg der Ölpreise 1999 und 2000 wesentlich besser verkraftete als zur Zeit der Ölkrise in den Siebziger Jahren. Eine geringere Abhängigkeit von den Schwankungen der Energiepreise bedeutet bessere Kalkulationssicherheit für das Unternehmen.



Der heutige Anteil der Energiekosten am Umsatz mag zwar niedrig erscheinen, Einsparungen (nach Amortisation der Investitionen) an Energiekosten führen aber direkt zu Erhöhung des Unternehmensgewinns. Bei derzeitiger Umsatzrendite von ca. 2% und angenommenem Energiekostenanteil am Umsatz von ebenfalls 2% kann eine Senkung der Energiekosten um ein Viertel eine Erhöhung der Umsatzrendite ebenfalls um ein Viertel bedeuten.



Es ist zwar unbestritten, dass manche Energiesparmaßnahmen unakzeptabel lange Amortisationszeiten aufweisen, auf der anderen Seite gibt es oft eine Vielzahl von Maßnahmen, die sich in kürzester Zeit rentieren oder oft nicht einmal Investitionen erfordern. Ernst Ulrich von Weizsäcker, der Neffe des früheren Bundespräsidenten nennt in seinem Buch „Faktor vier“ zahlreiche Beispiele, wie mit halbiertem Ressourcenverbrauch der Wohlstand verdoppelt werden kann, wie also die Energieeffizienz um den Faktor 4 gesteigert werden kann.

Die Grundprinzipien dabei sind:

- Verfolgung und Hinterfragung von Ursachenketten und
- Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen.

Bei der Zusammenarbeit des LfU mit Betrieben im Rahmen des Projektes zeigt sich immer wieder, wie zutreffend diese Prinzipien sind.

Folgende Beispiele geben wieder, wie mit einfachsten Mitteln und durch das Hinterfragen von Ursachen Mängel bei der Energieeffizienz behoben werden können:

Beispiel für Ursachenforschung: Betrieb der Kunststoff-verarbeitenden Industrie


Situation im Betrieb:

- Kältemaschinen kommen an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit
- Betriebsleitung erwägt Vergrößerung der Kälteanlage

WARUM ?

- Wegen der niedrigen Solltemperatur von 14°C fast keine freie Kühlung möglich
- Benötigte Kühlwassertemperatur im Betrieb: 18-20°C
- Verwendung des Kühlwassernetzes für Kühlung der Büroräume im Sommer
- Büroräume und Kältezentrale an verschiedenen Enden des Betriebes
- Dadurch Betrieb des Kältenetzes bei 14°C im ganzen Betrieb notwendig
- Fenster der gekühlten Büroräume im Sommer trotz Kühlung geöffnet

Lösung: Schließen der Bürofenster / Abkopplung des Bürogebäudes

© LfU / Abt.1 / Dr. J. Hochhuber/ 2002 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 

Beispiel für Ursachenforschung: Betrieb des Elektromaschinenbaus


Situation im Betrieb:

- Wegen Gefahr elektrostatischer Aufladungen muss Luftfeuchtigkeit über 50% liegen
- Kapazität der Befeuchtungsanlage reicht nicht aus
- Betriebsleitung erwägt Vergrößerung der Befeuchtungsanlage

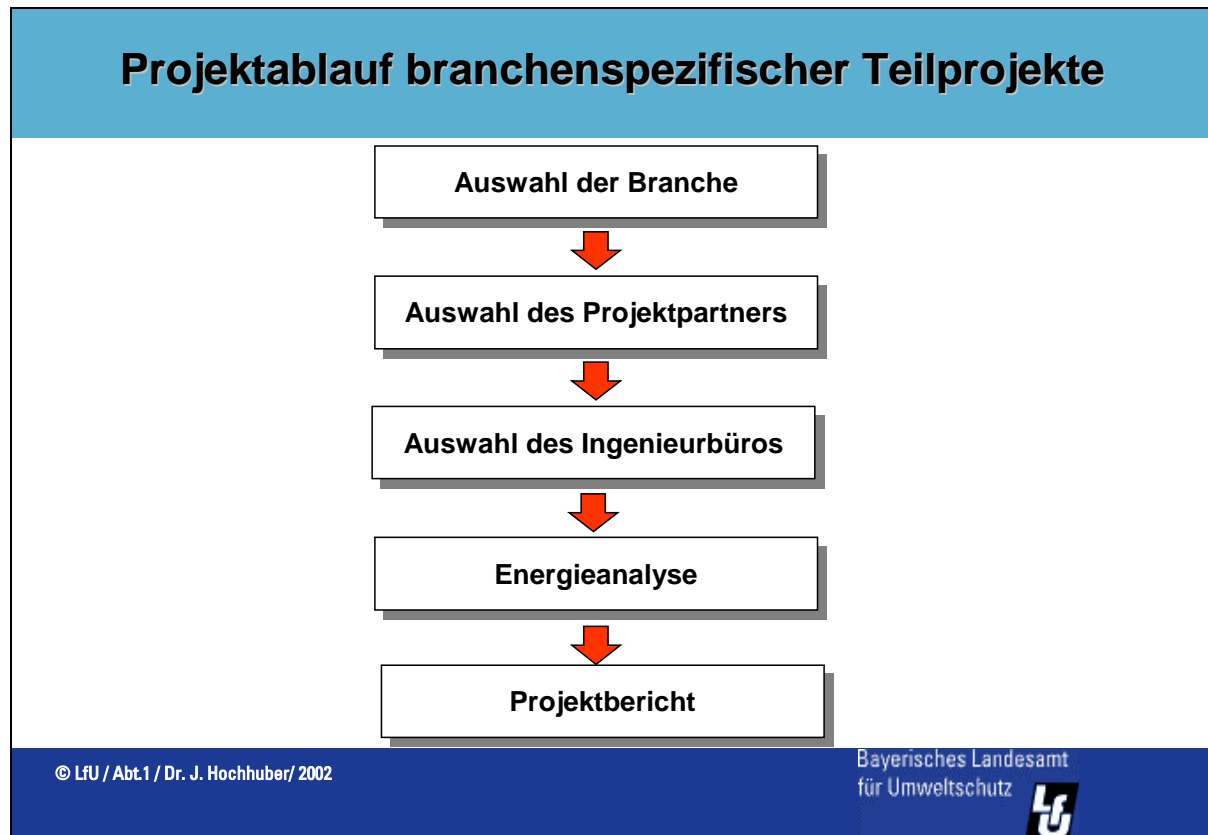
WARUM ?

- Wegen der früheren Verwendung von Lösemitteln war in den ca. 8 m hohen Produktionshallen dreifacher Luftwechsel pro Stunde notwendig.
- Nach Umstellung auf lösemittelfreie Verfahren wurden diese Luftwechselraten beibehalten.
- Durch den hohen Eintrag trockener und Austrag feuchter Luft sind extrem hohe Befeuchtungsraten erforderlich

Lösung: Zurückdrehen/Teilabschaltung der Lüftungsgebläse

© LfU / Abt.1 / Dr. J. Hochhuber/ 2002 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 

Das LfU trägt dem Umstand Rechnung, dass häufig nur ein Informationsdefizit Betriebe davon abhält, Energie effizient zu nutzen. In branchenspezifischen und branchenübergreifenden Teilprojekten werden anhand von möglichst repräsentativen Partnerbetrieben die Energiesparmöglichkeiten herausgearbeitet, hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet und anderen Unternehmen der Branche zugänglich gemacht. Der Ablauf dieser Teilprojekte ist im Folgenden dargestellt:



In bestimmten Fällen ist auch eine finanzielle Förderung von Maßnahmen zu effizienter Energienutzung in Betrieben möglich, insbesondere dann, wenn es sich bei den Investitionen um risikobehaftete Neuentwicklungen handelt.

Beispiele für öffentliche Förderungen:

- Bayerisches Darlehensprogramm der LfA für Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft
Anwendungsfall: Investitionsmaßnahmen zur Reinhaltung der Luft (z.B. zur Energieeinsparung)
Antragsberechtigigt: Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft
Art der Förderung: - Zinsverbilligtes Darlehen
- Für Pilotvorhaben Zuschuss bis zu 50%
- Programm „Rationellere Energiegewinnung und –verwendung“ des Bayer. Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie (StMWVT)

Anwendungsfall: Vorhaben zur Entwicklung und Umsetzung innovativer Energietechnologien

Antragsberechtigigt: Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Angehörige der freien Berufe

Art der Förderung: Zuschuss bis 30%, in Ausnahmefällen bis 50%

Weitere Auskünfte und Förderprogramme:

www.lfa.de/, www.bayerisches-energie-forum.de/, www.kfw.de/, www.bmwi.de/,

www.umweltbundesamt.de/. Wir hoffen, dass durch diese Fachtagung mit ihren zahlreichen Praxisbeispielen für wirtschaftlich rentable Energieeinsparung eines deutlich wird:

Klimaschutz und Kosteneinsparung sind kein Widerspruch.

Möglichkeiten und Potenziale rationeller Energienutzung in Anlagen der Galvanikindustrie am Beispiel der THOMA Metallveredelung GmbH, Heimertingen

Dipl. Ing. Gerhard Lips, LGA Bayern
Dipl. Ing. Karl Beyer, Ingenieurbüro Beyer

1 Einleitung

Im Rahmen der Projektreihe "Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung" wurden die CO₂- Minderungspotenziale in der Galvanikindustrie untersucht.

Der folgende Beitrag stellt die Ergebnisse einer Studie vor, die in einem exemplarisch ausgewählten Betrieb der Galvanikbranche die Energienutzungs- und Einsparpotenziale betrachtet und branchenspezifische Maßnahmen zur Umsetzung in der betrieblichen Praxis ableitet.

2 Vorgehensweise

Grundlage für die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Energieeinsparung ist eine Energienutzungsanalyse des untersuchten Standorts. Die betriebliche Situation wurde daher im Rahmen einer Bestandsaufnahme des Istzustands hinsichtlich

- Energieerzeugung
- Energieverteilung
- Energieverbrauch

erfasst und energiespezifische Kennzahlen abgeleitet.

In einem weiteren Schritt wurden die möglichen Energieeinsparpotenziale ermittelt, bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet und die branchenspezifische Maßnahmen zur rationellen Energieminderung dargestellt.

3 Darstellung des Projektpartners

Die THOMA Metallveredelung GmbH, Heimertingen, wurde 1924 gegründet und wird bis heute erfolgreich als Familienunternehmen geführt. Seit 1960 ist der Metallveredelungsbetrieb im jetzigen Gewerbegebiet Süd in Heimertingen mit einer Produktionsfläche von ca. 9.000 m² angesiedelt.

Es werden elektrochemische und chemische Verfahren zur Erzeugung

- verschleißfester und korrosionsbeständiger Oberflächen (funktionelle Schichten)
- korrosionsbeständiger Oberflächen (Korrosionsschutzschichten) und
- dekorativer und korrosionsbeständiger Oberflächen (dekorative Schichten)

auf metallischen Bauteilen überwiegend in automatisierten Prozessen angewandt. Die Anlagen werden vorwiegend im 3-Schichtbetrieb eingesetzt.

Jährlich werden in diesen Anlagen ca. 10.000 t Metallbauteile mit einer Oberfläche von ca. 750.000 m² einer galvanischen/chemischen Behandlung unterzogen.

Hierzu werden folgende Verfahren angewandt:

- galvanische Verchromung (Hartverchromung und dekorative Verchromung)
- chemische (außenstromlose) Vernickelung
- galvanische Verzinkung einschl. Konversionsschichten
- galvanische Verkupferung
- galvanische Vernickelung.

Allen Prozessen sind Vorbehandlungs- und Nachbehandlungsschritte sowie eine spezielle Spültechnik und einige Recyclingtechniken zur Realisierung des produktionsintegrierten Umweltschutzes zugeordnet. Alle diese Verfahren sind grundsätzlich chemischen, elektrochemischen oder physikalischen Verfahrensprinzipien zuzuordnen.

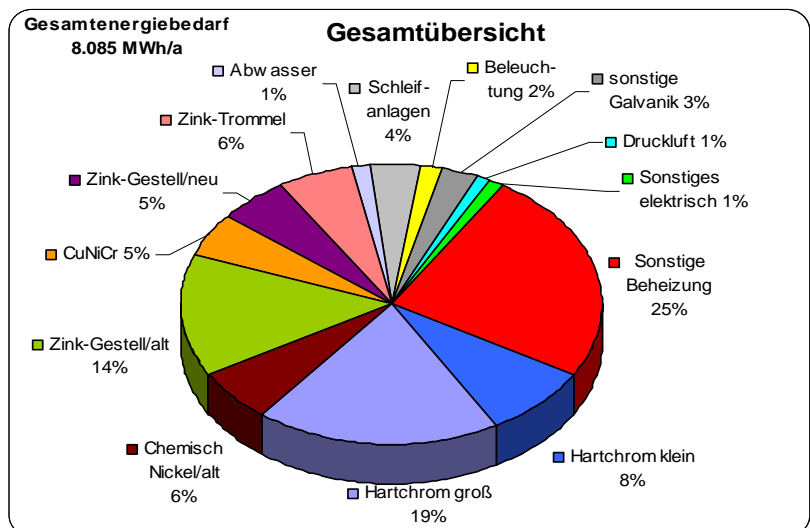
Fallweise werden die metallischen Bauteile auch einer mechanischen Vor- und/oder Nachbehandlung (z.B. Hartchromüberzüge) zur Erzielung der Maßhaltigkeit und/oder Rauheit unterzogen.

4 Wesentliche Ergebnisse der Energienutzungsanalyse

Die größten Energieverbraucher des untersuchten Betriebes stellen die galvanischen Prozesse der Hartverchromung und der Verzinkung.

Der Energiebedarf ergibt sich hier im Wesentlichen aus dem Energiebeitrag, der für den Verzinkungsprozess bzw. Verchromungsprozess erforderlich ist, sowie dem Energiebeitrag zur Aufheizung der Prozessbäder.

Der Energieinput der gesamten Anlage betrug 2001 ca. 5 MWh an elektrischer und ca. 3 MWh an thermischer Energie, wobei auch die Hallenbeheizung (enthalten im Segment "Sonstige Beheizung") einen nicht unwesentlichen Beitrag erfordert.



Die elektrische Energie wird zum Teil mit einem betriebseigenen BHKW erzeugt. Die hierbei anfallende thermische Energie wird zur Prozessheizung genutzt. Wie die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigen, ist ein rentabler Betrieb des BHKWs an Mindestlaufzeiten von ca. 3000 h/a gebunden, die im Rahmen des Projektes auch erreicht werden konnten.

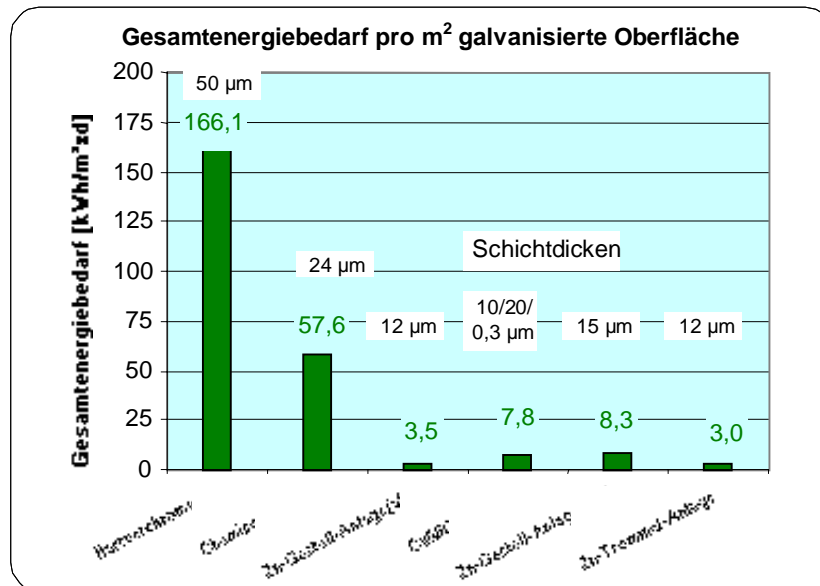
Der Energieoutput wird im Wesentlichen bestimmt durch die Verluste über die Abluft der galvanischen Prozesse. Die Abluftwärme wird bisher ungenutzt emittiert.

Weiterhin ergeben sich anlagenspezifische Verluste im Bereich der Energiebereitstellung und Verteilung durch die Gleichrichter. Eine Nutzung der Gleichrichterabwärme erfolgt bisher nicht.

Der Energiebedarf der Druckluftherzeugung und -verteilung ist mit einem Anteil von ca. 1 % des Gesamtenergiebedarfs gering.

5 Energiekennzahlen

Aus den jährlichen Energieverbrauchswerten und Produktionsmengen ergeben sich folgende spezifische Energieverbrauchs-Kennwerte.



Bezogen auf die galvanisierte Oberfläche werden die größten Energiemengen für die Hartverchromung und die chemische Vernickelung verbraucht.

6 Einspar- und Optimierungsmöglichkeiten

Auf der Grundlage der Energienutzungsanalyse ergeben sich folgende Einsparpotenziale:

6.1 Minimierung der Abluftmengen

Vor der Umsetzung von End-of-Pipe-Technologien sollten zunächst primäre Maßnahmen zur Energieeinsparung und CO₂-Minderung in Betracht gezogen werden. Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung besteht in der Reduzierung der Abluftmengen bei gleichzeitiger Verringerung der freien Badoberfläche (Deckelung).

Grundsätzlich sind bei der Abluftminimierung und -erfassung die Anforderungen des Arbeitsschutzes und des Immissionsschutzes zu berücksichtigen.

Durch entsprechende Deckelung kann die Abluftmenge auf bis zu ca. 30 % der Abluftmenge reduziert werden, die bei einer offenen Anlage empfohlen wird. Grundsätzlich ist jedoch im Einzelfall zu prüfen, inwieweit eine Reduzierung der Abluftmenge prozessbedingt möglich bzw. sinnvoll ist (z. B. im Rahmen einer Elektrolytrückführung zur Kühlung und aus Gründen des Recyclings nach einem Verdunster sowie zur Minimierung der Abwassermengen).

6.2 Abluftwärmenutzung

In der Abluft der galvanischen Prozesse liegt ein erhebliches Energiepotenzial.

Zur Nutzung dieses Energiepotenzials kommt folgende Technologie in Betracht:

Wärmerückgewinnung durch Einbau eines Wärmetauschers in den Abluftstrom

Aufgrund des vergleichsweise hohen Energiepotenzials in der Abluft der Hartchromanlage (siehe Abb. 1) wird am Beispiel dieser Anlage die Möglichkeit der Abluftwärmerückgewinnung beschrieben.

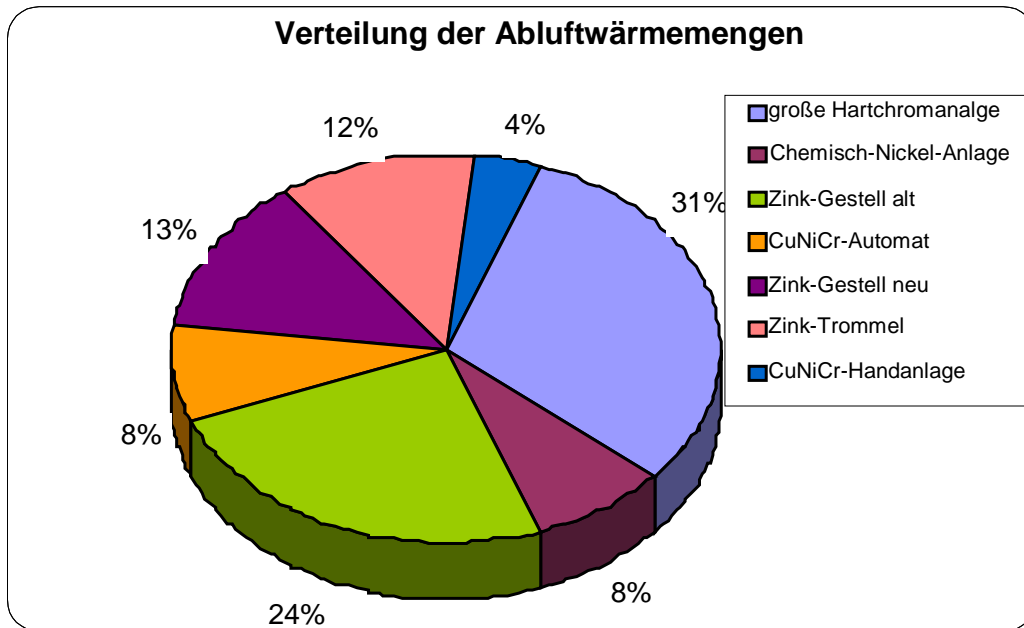


Abb. 1: Verteilung der Abluftmengen

Aufgrund der Zusammensetzung der Abluft ist grundsätzlich die Korrosionsbeständigkeit des Wärmetauschers zu beachten.

Daher werden in der Praxis Luft-Wasser-Wärmetauscher auf Kunststoffbasis eingesetzt.

Abb. 2 zeigt ein entsprechendes Wärmetauscherkonzept.

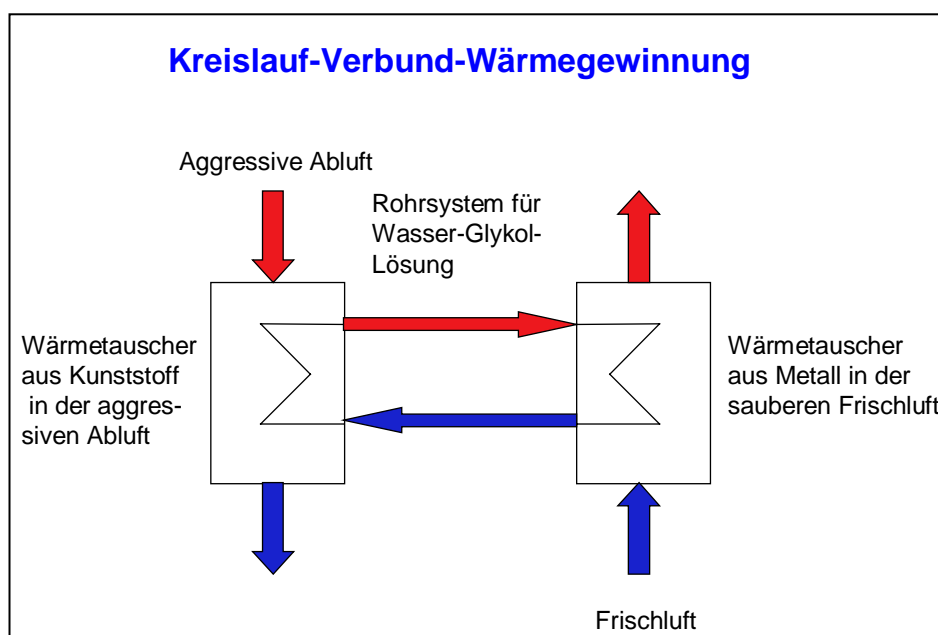


Abb. 2: Wärmerückgewinnung mittels Wärmetauscher

Am Beispiel der Hartverchromung wird der Einsatz dieses Wärmetauschersystems näher betrachtet.

Folgende Daten werden vorausgesetzt:

		Winter/ halbjährig	Heizperiode
Abluftmenge	m ³ /h	30.000	30.000
Lufteintritt Abluft	°C	18	18,5
rel. Feuchte Abluft	%	90	90
Luftaustritt Abluft	°C	13,9	15
Lufteintritt korrespondierende Frischluft	°C	2,1	5,1
Luftaustritt korrespondierende Frischluft Bez. auf Nm ³ /h	°C	11,6	13,1
Übertragene Leistung	KW	100	83,3

Zur weiteren Aufheizung der Zuluft wird ein Nachheizregister empfohlen.

Unter den genannten Randbedingungen könnten ca. 380 MWh/a an Primärenergie bzw. ca. 110 t/a CO₂ eingespart werden.

6.3 Energetische Optimierung der Gleichrichteranlagen

Zur Bereitstellung von elektrischer Energie für die galvanischen Prozesse werden Gleichrichter eingesetzt.

Energieeinsparpotenziale ergeben sich durch Nutzung der Abwärme dieser Großverbraucher oder durch eine Verbesserung des Gleichrichter-Wirkungsgrades (Austausch von Gleichrichter-Bauteilen).

Die Möglichkeiten werden nachfolgend erläutert:

1. Abwärme-Nutzung durch **Raumluft-Erwärmung**:

Die Gleichrichterabwärme kann sowohl bei wassergekühlten, thyristorgesteuerten Gleichrichtern (über Wärmetauscher) als auch bei luftgekühlten Gleichrichtern eingesetzt werden. Zu beachten ist eine kontrollierte Zuluftführung zur effizienten Nutzung der Energie.

Da die Nutzung der Abwärme in der Regel auf das Winterhalbjahr beschränkt bleibt, erscheinen folgende Varianten, die eine *ganzjährige Nutzung* der Abwärme ermöglichen, sinnvoller.

2. Abwärme-Nutzung zur **Warmwasser-Aufbereitung** als Sanitärwasser und/bzw. **Prozesswärme**

Im Rahmen des Projektes wurde beispielhaft der Energieverlust an den größten Anlagen ermittelt. Insgesamt betrug der Energieverlust dieser Anlagen ca. 600 MWh/a.

Diese Energiemenge kann zur Prozesswasseraufbereitung genutzt werden. Hierzu ist es erforderlich, für die entsprechenden Gleichrichter eine Ölumlaufkühlung mit Wasserrückkühlung, d. h. einen Wärmeaustauscher mit Warmwasserspeicher von z.B. 50° C zu errichten. Das Warmwasser kann u.a. zur Beheizung der Vorbehandlungsprozesse herangezogen werden, soweit diese Betriebstemperaturen zwischen 40...45° C aufweisen (i. d. R. Beiz- und elektrolytische Entfettungsprozesse). Auf diese Weise kann 80...85 % der o. g. Verlustwärme in Prozessenergie überführt werden.

Im Rahmen des o.g. Beispiels ergaben sich Amortisationszeiten von nur ca. 2 Jahren. Die Primärenergieeinsparung beträgt hierbei ca. 670 MWh/a, die CO₂-Minderung ca. 175 t/a CO₂-Äquivalente).

3. Austausch der **Selenplatten gegen Siliziumdioden** bei vorhandenen, älteren Gleichrichtern mit Verbesserung des Wirkungsgrades um 10 – 20%

Durch den Austausch der Selenplatten gegen Siliziumdioden an vorhandenen, älteren Gleichrichtern kann eine Verbesserung des Wirkungsgrades um 10...20% erreicht werden. An drei Anlagen (Großverbraucher) der THOMA Metallveredlung GmbH ist beispielsweise durch diese Maßnahme eine Einsparung von ca. 300 MWh/a möglich.

Im Rahmen des o. g. Beispiels ergaben sich Amortisationszeiten von ca. 4 - 7 Jahren. Die Primärenergieeinsparung beträgt hierbei ca. 780 MWh/a, die CO₂-Minderung ca. 180 t/a CO₂-Äquivalente).

6.4 Trockneroptimierung

Zur Trocknung der galvanischen Bauteile wird 50-70°C warme Luft in einem den Prozessbehältern analogen Trockenofen umgewälzt. Diese Trockenöfen wurden in den zurückliegenden Jahrzehnten entsprechend den übrigen Prozessen von oben beschickt und die Ein-/Ausfuhröffnung nicht geschlossen. In den zurückliegenden Jahren wurden für Gestellautomaten zunehmend Trockenöfen mit aufklappbaren oder horizontal verschiebbaren Deckeln ausgerüstet, so dass weitgehend geschlossene Kammern mit geringen Öffnungszeiten bzw. Energieverlusten entstanden sind. Für Trommelautomaten wurden vor ca. 20 Jahren verschiedene Varianten von Trommeltrocknern in der Praxis erprobt und eingeführt, die jeweils eine Optimierung des Energieeinsatzes zum Ziel haben (z.B. Vakuum zum optimalen Flüssigkeitsentzug aus der Trommel bzw. Bauteiloberfläche sowie gezielte Warmluftumwälzung).

Grundsätzlich wurde in den zurückliegenden Jahren serienmäßig keine energieoptimierte Trockentechnik in Galvanisieranlagen eingebaut. Es gibt jedoch zahlreiche Einzellösungen, bei der bauteilspezifisch u.a. mit Hilfe von Rüttelmechanismen oder von Pressluft (pneumatisch gesteuert) Flüssigkeitsreste abgetrennt werden und die Luftströmung gezielt auf die Bauteile ausgerichtet werden.

In neueren Trocknungssystemen wird die Kühltrocknung unter Kreislaufschließung vermehrt eingesetzt. Bei dieser Technologie wird der Oberfläche der zu trocknenden Teile erwärmte, trockene und damit ungesättigte Luft zugeführt. Das an der Oberfläche anhaftende Wasser verdunstet. Im Trockner wird diese mit Wasser beladene Luft mittels Kältekreislauf entfeuchtet und nach Erwärmung (mit zurückgewonnener Wärme) im Kreislauf geführt. Eine Voraussetzung zur energetischen Optimierung dieses Systems ist die Abdeckung der Beschickungs- bzw. -Entleerungsstellen der Trockner.

6.5 Bewertung der chemischen, elektrochemischen und physikalischen Prozessdaten aus energetischer Sicht

Eine Energieeinsparung durch energieoptimierte Prozessführung kann durch eine Absenkung der Prozesstemperaturen erreicht werden.

Hierfür kommen insbesondere Prozesse mit Vorbehandlungselektrolyten in Betracht. Die Einsparungen in diesem Bereich waren im Rahmen des Projektes gering.

Dennoch sollte im Einzelfall das mögliche Einsparpotenzial geprüft und ausgeschöpft werden.

6.6 Sonstige Maßnahmen zur Energieeinsparung

Neben o. g. galvanikspezifischen Maßnahmen zur Energieeinsparung kommen folgende weitere allgemeine Einsparpotenziale in Betracht:

6.6.1 Optimierung des BHKW-Betriebs

Blockheizkraftwerke sind nur rentabel, wenn eine entsprechend lange jährliche Betriebszeit gewährleistet werden kann. Die Wirtschaftlichkeit des BHKW bei THOMA Metallveredelung GmbH kann unter Berücksichtigung der aktuellen Energiekosten ab etwa 3.150 Volllaststunden pro Jahr erreicht werden. Voraussetzung ist allerdings eine entsprechende Nutzung der Abwärme zur Prozessheizung.

Im Rahmen des untersuchten Projektes erscheint eine Betriebsdauer von 3.500 - 4.000 Volllaststunden pro Jahr praktikabel. Der BHKW-Einsatz im Bereich der Galvanik führt im Vergleich zu den o.g. Maßnahmen zur höchsten Primärenergieeinsparung und wird aus der Sicht der CO₂-Minderung empfohlen.

6.6.2 Optimierung der Druckluftherzeugung und -Verteilung

Der Anteil der für die Bereitstellung von Druckluft erzeugten Energie ist im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf des untersuchten Projektes mit einem Anteil von ca. 1 % gering.

Dennoch sind durch eine Reihe von Maßnahmen Einsparungen im Bereich der Druckluftversorgung möglich.

Das folgende Beispiel zeigt einige Möglichkeiten an Einsparpotenzialen:

6.6.2.1 Reduzierung der Leckageverluste

Wie Messungen an der Druckluftversorgungsanlage ergaben, wurden unverhältnismäßig hohe Leckageverluste ermittelt. Die Leckageverluste betragen ca. 50 % des durchschnittlichen jährlichen Druckluftbedarfs.

Durch Minderung dieser Leckageverluste auf vertretbare Werte ergibt sich folgendes Einsparpotenzial:

Maßnahme:	Reduzierung der Leckageverluste um 50 %
Energieeinsparung:	3,10 kW bzw. 27.144 kWh/a bzw. 1,8 TEURO/a
Einsparung	
Treibhausgase:	18,45 t/a CO₂-Äquivalent

6.6.2.2 Druckluftabschaltung am Wochenende

Zusätzlich wird angenommen, dass im Rahmen der betrieblichen Randbedingungen eine Druckluftabschaltung am Wochenende mit einer durchschnittlichen Dauer von 40 h möglich ist. Durch diese organisatorische Maßnahme kann folgende Einsparung erreicht werden:

Maßnahme:	Druckluftabschaltung für 40 h am Wochenende
Energieeinsparung:	3,10 kW bzw. 6445 kWh/a bzw. 429 EURO/a
Einsparung	
Treibhausgase:	4,38 t/a CO₂-Äquivalent

6.6.2.3 Druckluftabschaltung während der Betriebsferien

Zusätzlich wird angenommen, dass im Rahmen der betrieblichen Randbedingungen eine Druckluftabschaltung für 2 Wochen/Jahr möglich ist. Durch diese organisatorische Maßnahme kann folgende Einsparung erreicht werden:

Maßnahme:	Druckluftabschaltung für 2 Betriebswochen (256 h/a)
Energieeinsparung:	8,66 kW bzw. 2217 kWh/a bzw. 148 EURO/a
Einsparung	
Treibhausgase:	1,51 t/a CO₂-Äquivalent

6.6.2.4 Reduzierung der Leerlaufleistung

Zusätzlich wird die Leerlaufleistung von insgesamt ca. 68 % der Gesamtleistung auf ca. auf 34 % der Gesamtleistung reduziert.

Maßnahme:	Reduzierung der Leerlaufleistung
Energieeinsparung:	273 kWh/Wo. bzw. 6613 kWh/a bzw. 441 EUR/a
Einsparung	
Treibhausgase:	4,5 t/a CO₂-Äquivalent

Gesamteinsparung: 42 MWh/a bzw. 29 t/a CO₂-Äquivalent bzw. 2,8 TEURO/a

Im Allgemeinen kann bis zu 90 % der elektrischen Leistungsaufnahme des Kompressors in nutzbare Wärmeenergie z. B. für die Raumheizung oder Warmwassererzeugung zurückgewonnen werden.

Darüber hinaus bestehen im Einzelfall Einsparpotenziale durch ein Absenken des Betriebsdruckes. In diesem Bereich ist bei einer Druckabsenkung von 1 bar bis zu ca. 6 % der Einsparung in Bezug auf die gesamten Energiekosten möglich.

6.6.3 Optimierung der Beleuchtungsanlagen

Zur effizienten Auslegung der Beleuchtungseinrichtungen werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten
- Einsatz von modernen Leuchstofflampen mit Spiegelraster-Reflektoren
- Zeit- und -Tageslichtabhängige Steuerung
- Bewegungsmelder

7 Zusammenfassung

Bei der THOMA Metallveredelung GmbH und in der Galvanikbranche allgemein kommen folgende Möglichkeiten zur Einsparung von Energie und CO₂ in Betracht:

- Minimierung der Abluftmengen
- Wärmerückgewinnung aus der Gleichrichter Kühlung
- Wirkungsgradsteigerung an Gleichrichteranlagen
- Wärmerückgewinnung aus der Prozessabluft
- Trockneroptimierung
- Energetische Optimierung der galvanischen Prozesse (Senkung der Prozesstemperaturen)

Weitere Maßnahmen:

Optimierung der Kraftwärmekoppelung (Einsatz eines BHKW)

Optimierung der Druckluftherzeugung und Verteilung

Optimierung der Beleuchtungsanlagen

Die Umsetzung dieser Maßnahmen würde im Beispiel der THOMA Metallveredelung GmbH durch Energieeinsparungen bei Strom und Heizöl zu einer Minderung der CO₂-Emissionen in Höhe von mindestens insgesamt ca. 900 t/a CO₂ führen. Das sind ca. 20 % der gesamten CO₂-Emissionen des Betriebes. Die Einsparungen an Primärenergie betragen ca. 4200 MWh/a bzw. ca. 25 % des Gesamtprimärenergiebedarfs.

Erfahrungen eines Betriebes der Galvanikindustrie bei der Ermittlung von Energiesparpotenzialen

Dipl. Ing. (FH) Rolf Koch, Thoma Metallveredelung GmbH, Heimertingen



Hintergründe, Überlegungen und Beweggründe für die Bewerbung zur Teilnahme an dem Projekt

- Überprüfung unseres „Ist“-Standes oder - wo steht der Betrieb.
- Neubau
- welche Anregungen erwarten wir? bzw. wo suchen wir Lösungsansätze?
- wo sehen wir Energieeinsparpotenziale in unserem Betrieb.
- **Überprüfung des „IST“-Standes - wo steht der Betrieb?**

Bilanz Zuluft/Abluft

Die Abluft der einzelnen Anlagen wurde in der Vergangenheit so ausgelegt, dass die Abluftgrenzwerte sicher eingehalten wurden.

Keine Zuluft, die auf die Abluftmenge angepasst ist.

Starke Zuglufterscheinungen im Winter.

Probleme im Winter mit der Temperatur der Raumluft.

Ist unser Heizungskonzept richtig?

- eingesetzte Energiequellen:
- Strom: für spezielle Badbeheizung
- Öl: Zentrale Warmwasserheizung - für die allgemeine Badbeheizung und Zuluftheizung
- Blockheizkraftwerk (BHKW): Anhebung des Rücklaufes der Warmwasserversorgung
- dezentrale Ölheizungen - für die Heizung der Zuluft
- Flüssiggas: Schwarzlicht- und Rotlichtstrahler für die punktuelle Heizung des Arbeitsplatzes.

Ist unser Beleuchtungskonzept richtig?

Im Produktionsbereich:

- Lichtabschaltung in Stufen, entsprechend der Außenlichtintensität.

In den Nebenräumen (Keller, Lager, Sozialräume):

- Steuerung über Bewegungsmelder

Sind unsere Beleuchtungskörper optimal?

Halogenstrahler

Neonleuchten mit und ohne Reflektoren

Energiesparlampen

Sind unsere Gleichrichter noch vertretbar im wirtschaftlichen Sinne?

Durch kontinuierliches Wachsen des Betriebes sind im Einsatz:

- Selengleichrichter mit Luftkühlung bzw. mit Ölkühlung
- Silizium mit Ölkühlung
- Thyristor gesteuerten Gleichrichtern mit Wasser bzw. Luftkühlung

Zeitpunkt des Ersatzes der „veralteten“ Gleichrichter?

Druckluftanlage

Ist die Druckluftanlage richtig abgestimmt auf die notwendige Leistung?

- Grundlast und zusätzlicher Kompressor für Spitzenlast

wie groß sind die Druckluftverluste

- während der Produktion
- in Pausenzeiten / am Wochenende

wo haben wir große Druckluftverbraucher

- Glasperlenstrahlanlage
- Ausblasen der Filterpresse
- Druckluftantrieb für Pumpen
- Durchmischen von Bädern

Ist der Einsatz von Druckluft sinnvoll oder sollten andere Möglichkeiten in Betracht gezogen werden, wie z.B.:

- Verstärkter Einsatz von Seitenkanalverdichter,
- elektrisch angesteuerte Ventile,
- Pumpen mit elektrischem Antrieb.

Trocknungskonzept für galvanisierte Teile

- Trogtrockner mit elektrischer Beheizung,
- Trogtrockner mit „Warmwasser“-Beheizung,
- Zentrifuge,
- Ausblasen von Sacklöchern mit Druckluft.

Welche Alternativen bieten sich an:

- Vakuumtrocknung
- getrocknete Luft
- Wasserverdränger
- Zentrifuge

Zeitpunkt des Ersatzes einer „veralteten“ Trocknung?

Neubau

Zum Zeitpunkt der Bewerbung:

- Die Baumaßnahmen für eine Erweiterung haben begonnen.
- Das Lastenheft für eine Anlage zur chemischen Vernickelung wird erstellt.
- Das Lastenheft für die Erweiterung einer vorhandenen Abwasserbehandlungsanlage wird erstellt.
- Überlegungen zur Abluftbilanz und einer künftigen Heizungsanlage werden durchgeführt.
- **welche Anregungen erwarten wir und wo suchen wir Lösungsansätze**

Welches Heizungskonzept soll für den Neubau umgesetzt werden?

- Produktionsbäder
- Beheizung der Raumluft in der
 - Produktion
 - Be- und Entladehalle
 - Abwasserbehandlungsanlage
 - Gefahrstofflager

Was bringen Deckenrotoren für den Wärmeaustausch?

- sind Deckenrotoren in der Galvanotechnik sinnvoll?

Wie kann die Abluftsituation positiv beeinflusst werden? - Lässt sich die Abluft minimieren?

- Kapselung der neuen Anlage?
- Abdeckungen abgesaugter Bäder?
- Push-pull für abgesaugte Bäder?

Kann die Zuluft „zugfrei“ zugeführt werden?

- **wo sehen wir Energieeinsparpotenziale :**

Nutzung des **Wärmepotentials der Abluft** zur Temperierung der Zuluft.

Austausch / Erneuerung von **Gleichrichtern** der ältesten und älteren Generation nach vorheriger wirtschaftlicher Betrachtung.

Kompressoren: Andere Lastverteilung durch zusätzliche, kleinere Anlage.

Zur Abdeckung von Spitzen, bzw. Verluste in Pausenzeiten oder am Wochenende.

Blockheizkraftwerk (BHKW): Veränderte = längere Laufzeiten, zur besseren Nutzung der Abwärme.

Elektronische Steuerung zur optimalen Nutzung der Abwärme. Vermeidung des Einsatzes der Notkühlung in den Sommermonaten.

Nutzung der Abwärme

- der Gleichrichter allgemein.
- der Ölkühlanlage aus dem Bereich Hartchrom.
- aus galvanischen Prozessen, die bisher mit dem Kühlturm in die Umgebung abgegeben wurde.
- aus dem Abwasser.

Was wurde bisher an Daten ermittelt?

Betriebsstunden der Heizungsanlagen

Heizölverbrauch der einzelnen Heizungsanlagen und gesamter Verbrauch

Durch BHKW erzeugte elektrische Leistung

Kraftstoffverbrauch für das BHKW

Laufzeiten der Kompressoren

– wie aufgearbeitet

- Als Monatsbericht an die GF
- Als Grafik und Tabelle
- Als Jahreshochrechnung mit Vergleich der vorhergegangenen Berichtsjahre

– mit welchen Konsequenzen

- Nachführen der Temperaturregelung der Heizungsanlagen zur optimalen Nutzung der Restwärme des BHKW's.

Welche Daten kamen durch die Studie hinzu?

- Einmalige Erhebung - durch LGA und LEW
- Messung der Gleichrichter zur Erstellung der Leistungsbilanz.

- Mehrmalige Erhebungen - durch LGA zur Erfassung von Sommer/Wintereinflüssen
- Messung der Abluftströme, wie Volumen, trockene und feuchte Temperatur.

Täglicher Ableserhythmus - durch Thoma Metallveredelung GmbH

- Energieaufwand zur Beheizung der Zinkpilotanlage
- Erfassung der Temperatur des Stadtwasserzulaufes
- Erfassung der Temperatur des Abwasserablaufes
- Erfassung der Betriebsstunden der Kühlpumpe an der Hartchromanlage groß

Welcher Aufwand war für die zusätzliche Datenerfassung notwendig?

- Kauf und Einbau des Wärmehählers, einem Gerät zur Erfassung der Heizleistung der Zinkpilotanlage.
- Abstellung eines Mitarbeiters aus dem Werkstattbereich zur Hilfestellung bei den Abluftmessungen, sowie bei der Leistungserfassung der Gleichrichter.

- Kurzfristige Anlagenabstellung für Messungen, somit Störung im allgemeinen Betriebsablauf.
- Tägliche Ablesung, Erfassung und Weitergabe der zusätzlichen Daten.

Ausblicke nach Beendigung der Studie

Erwartete Lösungsansätze zur direkten Umsetzung bzw. Anregungen für Thoma Metallveredelung GmbH.

1. Wärmepotenzial der Abluftmenge zu nutzen, um damit die zugeführte Zuluft zu temperieren.
2. Austausch / Erneuerung von Gleichrichtern der ältesten und älteren Generation - nach vorheriger wirtschaftlicher Betrachtung.
3. Optimierung der Nutzung der Druckluft bzw. der Kompressoren.
4. BHKW: Kosten / Nutzen durch optimierte Laufzeiten
5. Elektronische Steuerung der Heizung / BHKW zur optimalen Nutzung der Abwärme aus dem BHKW.
6. Nutzung der Abwärme der Gleichrichter allgemein.
7. Nutzung der Abwärme der Ölkühlanlage aus dem Bereich Hartchrom.
8. Nutzung der Abwärme aus galvanischen Prozessen, die bisher mit einem Kühlturm in die Umgebung abgegeben wurde.

Aktivitäten der ZVO Lenkungsgruppe Umwelt im Bereich der rationellen Energienutzung

Dipl.-Ing. Josef Hasler, Lenkungsgruppe Umwelt im Zentralverband Oberflächentechnik e.V. Hilden

Die LGU koordiniert die Informationen der verschiedenen Branchenbereiche, um Auswirkungen von Gesetzen und Verordnungen zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu erkennen und, soweit möglich, Belastungen von der Branche fernzuhalten.

Ziel der Arbeit ist eine aktive und erfolgreiche mittelständische Umweltpolitik, unter Beachtung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen.

Die LGU ist ständiger Ansprech- und Verhandlungspartner bei der Vorbereitung von Umwelt-Gesetzen des Bundes und der Länder. Hierzu werden Stellungnahmen erarbeitet, Gespräche in den Ministerien und Behörden geführt, und die Position der Branche, bei den Anhörungen der betroffenen Kreise, vorgetragen.

Die LGU ist Ansprechpartner für die Mitglieder der Verbände bei allen Sachfragen in den betroffenen Umweltbereichen. Oft lassen sich unterschiedliche Interpretationen, zwischen Genehmigungs- oder Überwachungsbehörden und den Anwendern, leichter durch Hinzuziehung Dritter, entschärfen.

Durch Mitwirkung in den verschiedenen Gremien, wie z.B. bei der ATV-DVWK oder beim Umweltbundesamt, zur Formulierung des Standes der Technik, und zur Beschreibung der **Besten Verfügbaren Technik (BVT)**, wird zum Nutzen der Branche, kreativ und konstruktiv, Einfluss ausgeübt. Oberstes Ziel der Gremienarbeit ist die Vermeidung von unzumutbaren Anforderungen in neuen Rechtsvorschriften.

Mitglieder der LGU schaffen, oft unter Hinzuziehung von externem Sachverstand, Hinweise, Erläuterungen und auch Leitfäden zu speziellen Themen, die die Umsetzung von Gesetzen und Verordnungen erleichtern.

Für praktisch alle Bereiche, des uns betreffenden Umwelt- und Arbeitsschutzes, wurden personelle Zuständigkeiten geschaffen, die mit den Mitgliedern des BIV-DGO Fachausschuss Umwelt, die aktuellen Aufgaben und Themen bearbeiten.

Mitglieder als Delegierte der Verbände und ständige Gäste der Lenkungsgruppe Umwelt sind:

Leiter: Hasler, Josef, Monheim am Rhein

Geschäftsführung: Matheis, Christoph, Hilden

Stellv. Leiter: Breidenbach, Herbert, Langenfeld

Beyer, Karl, Nürnberg

Bostel, Heinz, Hamburg

Hattler, Kurt, Villingen-Schwenningen

Kreisel, Rudolf, Nürnberg

Mäule, Ulrich, Ditzingen

Olbertz, Dr. Bernhard, Kerpen

Ott, Rigobert, München
Sessler, Berthold, Würzburg
Bosse, Klaus: Umweltbundesamt, Berlin
Dietz, Wolfgang: VdL, Frankfurt
Gräf, Prof. Dr.Rainer: ATV-DVWK, Hennef
Hohmann, Dr. Sigurd: Norddeutsche Metall Berufsgenossenschaft BG, Hannover
Hünnekens, Dr. Georg: Rechtsanwälte Baumeister, Münster
Schubert, Dr. Gabriele: Regierungspräsidium, Stuttgart (LAWA)

Im Bereich der **rationellen Energienutzung** gab und gibt es seit Jahren enge Kooperation und Mitarbeit u.a. mit

Fraunhofer Institut für
Materialfluss und Logistik, Dortmund

„Umweltmanagement in Unternehmen der Galvano- und Oberflächentechnik“

Branchenkonzept für die erfolgreiche Umsetzung der EG- Öko- Audit- Verordnung,
gefördert durch
Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen

Effizienz-Agentur NRW, Duisburg

BMBF- Verbundvorhaben
Förderkennzeichen 01 RK 9601 u. folgende

„Stoffkreislaufschließung bei abtragenden Verfahren in Prozesslösungen“

BMBF- Verbundvorhaben
Förderkennzeichen 01 RK 98122 u. andere

**„Umstellung bestehender galvanotechnischer Anlagen auf eine
stoffverlustminimierte Prozesstechnik bei gleichzeitiger Kostensenkung“**

Technische Universität, Berlin
Institut für technischen Umweltschutz

**„Energieanalyse für ein mittelständisches Unternehmen
der Oberflächentechnik“**

26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Energieanalyse für ein mittelständisches Unternehmen der Oberflächentechnik

Dipl.-Ing. Gundula Graf (Berliner Energieagentur GmbH)
Dipl.-Ing. Eckhard Oetjen (TU Berlin)

Quelle: Graf, Oetjen, Fleischer: Vortrag auf der DGO-Fachtagung: Neuheiten aus der Galvanotechnik; 27.01.2000 in Berlin

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer

Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Institut für Technischen Umweltschutz
Fachgebiet Abfallvermeidung und Sekundärrohstoffwirtschaft
Prof. Dr.-Ing. Günter Fleischer

Strategien zur Umweltentlastung und Kostensenkung in praxisorientierter Forschung und Lehre

- Ökologische Produktentwicklung/ Eco-Design
- Nachhaltige Kreislaufwirtschaft
- Ökologische und Ökonomische Betriebsoptimierung
- Ökobilanz/ Life Cycle Assessment (LCA)

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer

Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Gliederung

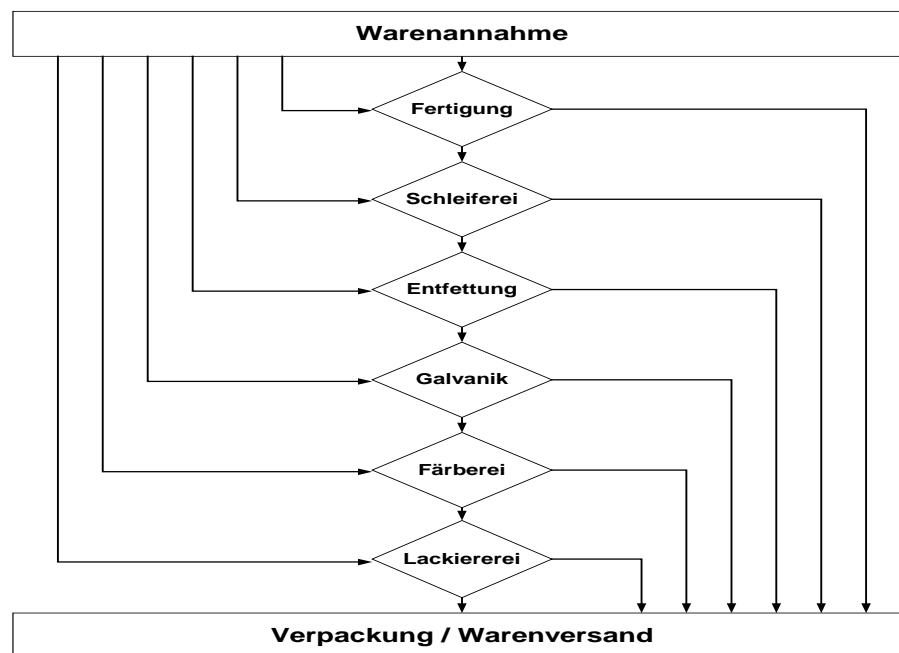
- Vorstellung des Unternehmens
- Schritte der Energieanalyse
- Zieldefinition und Systemabgrenzung
- Vorgehensweise
- Ergebnisse der Energieanalyse im Unternehmen
 - Qualitativer Energiefluß
 - Energiebezug
 - Energiebilanz
- Rationelle Energienutzung
- Schwachstellenanalyse und Maßnahmenvorschläge
- Zusammenfassung

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Das Unternehmen



Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



Die Energieanalyse

1. Zieldefinition und Systemabgrenzung
2. Erfassung des Ist-Zustandes
3. Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes (Schwachstellenanalyse)
4. Erstellung eines prioritären Maßnahmenplans unter Einbeziehung der Wirtschaftlichkeit
5. Umsetzung und Kontrolle der Maßnahmen mit Hilfe eines in die betriebliche Managementstruktur integrierten Steuerungsinstrumentes

1. Zieldefinition und Systemabgrenzung

Zieldefinition:

Energieanalyse in einem Galvanikbetrieb:

- Ermittlung und Darstellung der mengenmäßig bedeutendsten Energieströme
 - anhand der Erfassung des Energiebezugs und der Durchführung elektrischer Leistungsmessungen
- Schwachstellenanalyse
- Maßnahmenvorschläge

Systemabgrenzung:

Bilanzzeit

- Energiebezug: 1994 - 1998
- Elektrische Leistungsmessungen: 10.-25.02.1999

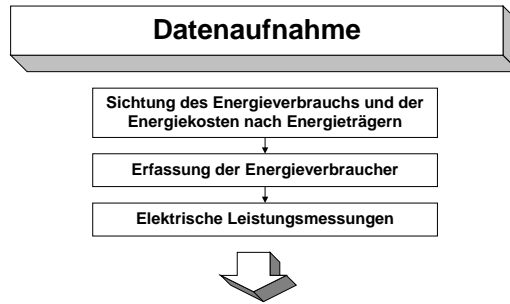
Bilanzraum

- Gesamtes Unternehmen

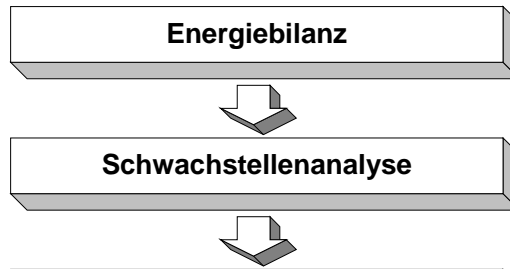
26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Überblick über die weitere Vorgehensweise

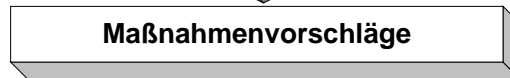
2. Erfassung des Istzustandes



3. Analyse und Bewertung



4. Prioritärer Maßnahmenplan

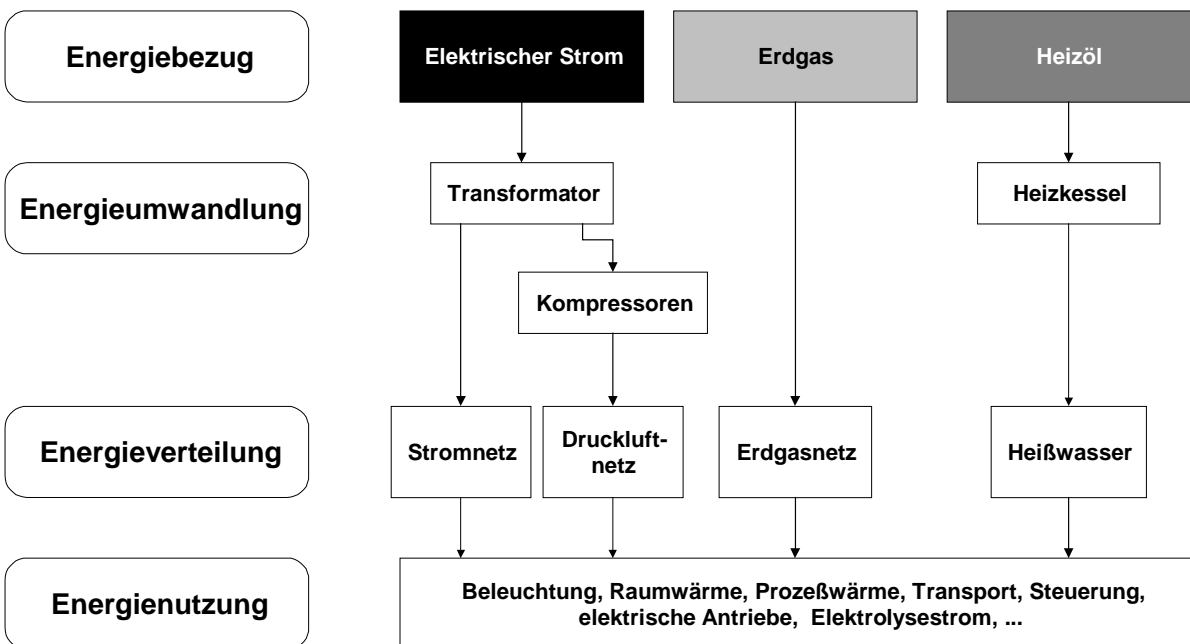


Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Qualitativer Energiefluß im Unternehmen

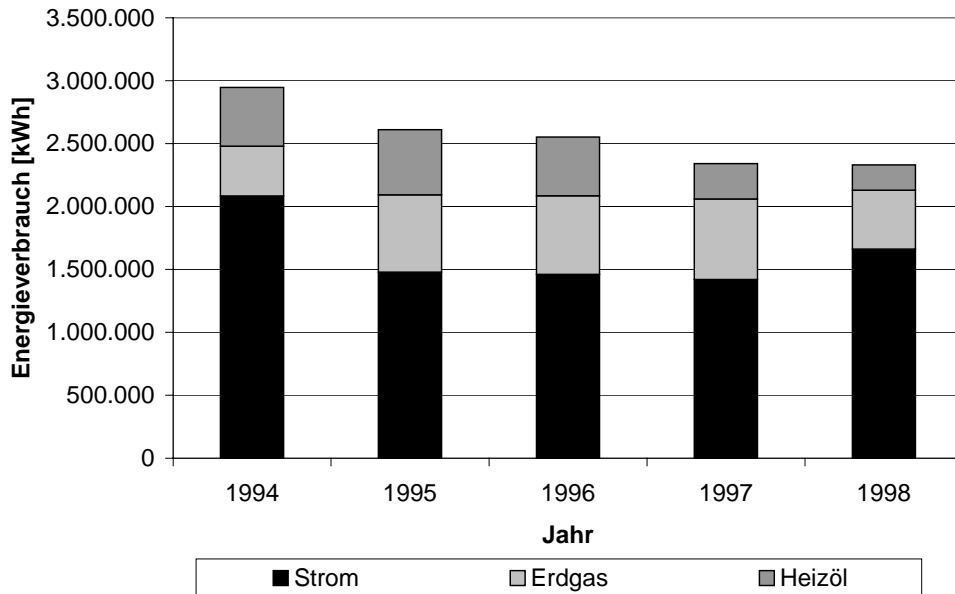


Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Anteil der drei Energieträger am Gesamtenergieverbrauch 1994 bis 1998

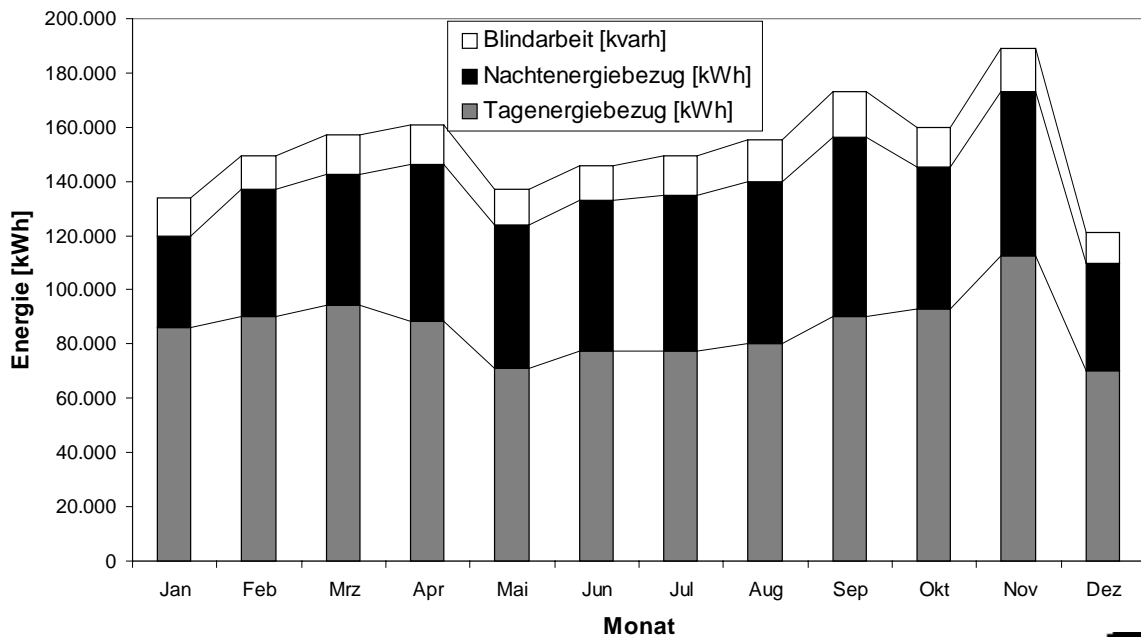


Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Jahresgang Strom 1998

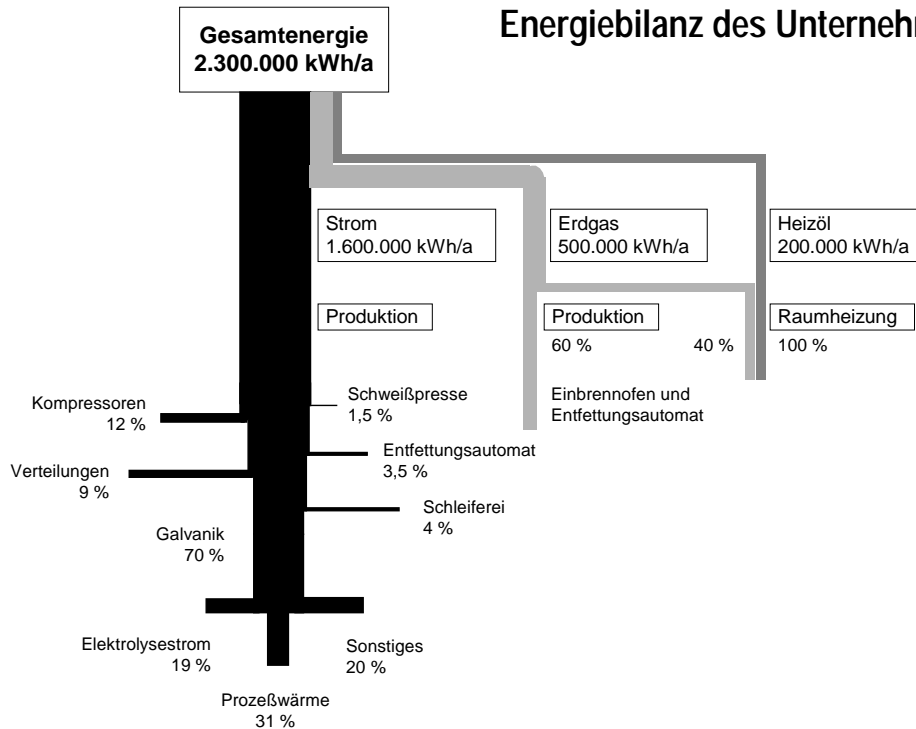


Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Energiebilanz des Unternehmens

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz

26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Die fünf Maßnahmengruppen der rationellen Energienutzung

1. Vermeiden unnötigen Verbrauchs
2. Verringern des spezifischen Nutzenergiebedarfs
3. Verbessern der Wirkungs- und Nutzungsgrade
4. Rückgewinnen von Energie
5. Verwenden regenerativer Energien

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz

26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Schwachstellenanalyse

- Informationsdefizit
- Wärmedämmung der Gebäudehülle
- Heizung
- Beleuchtung
- Druckluft
- Galvanik
- Blindstrom

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Optimierungsmöglichkeiten: Galvanik

- Temperatur der Bäder kurzfristiger hochregeln
- Überprüfung der Badtemperatur
- Regelbare / abschaltbare Luftabsaugungsanlage
- Badabdeckung
- Wärmeschutz
- Wärmetauscher
- BHKW

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Optimierungsmöglichkeiten: Druckluft

- Beseitigung von Leckagen
- Abschaltung der Kompressoren
- Einstellung des Druckluftniveaus
- Energetisch optimale Betriebseinstellung
- Überprüfung des Druckverlustes in den Leitungen
- Überprüfung der Temperatur der angesaugten Luft

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



26.06.2002 - LFU-Fachtagung Augsburg: Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

Weitere Optimierungsmöglichkeiten

- Betriebsdauer von Anlagen verringern (Entfettungsautomat, Einbrennofen)
- Blindstromkompensation
- Heizungen von Öl auf Gas umstellen
- Torschleieranlage einsetzen
- Auslastungsgrade von Anlagen erhöhen
- Überdimensionierung von Antrieben vermeiden
- Energieverträge überprüfen
- Energieverbrauch bei Neuanschaffungen berücksichtigen

Prof. Dr.-Ing. G. Fleischer
Institut für Technischen Umweltschutz



Zusammenfassung

Ausgangssituation:

- Jährlicher Energieverbrauch: 2,3 Mio. kWh/a, davon 70% elektr. Energie
- 70% der elektrischen Energie werden in der Galvanik benötigt, vor allem für
 - Beheizung der Galvanikbäder (31 %)
 - Elektrolysestrom (19 %)
- Weitere 12 % der elektr. Energie benötigt die Druckluftherzeugung
- Diese Bereiche bieten aufgrund ihres hohen Energieverbrauchs die größten Einsparpotentiale

Ergebnis:

- Organisatorische Maßnahmen zur rationellen Energienutzung sind kurzfristig realisierbar
- Technische Maßnahmen sind mittel- und langfristig in den Produktionsbereichen und den Querschnittstechnologien umsetzbar

Energieoptimierter Einsatz von Gleichstromversorgungen in der Galvanotechnik

Dipl. Ing. Dipl. Wirtschaftsing. (FH) Thomas Mark, MUNK GmbH, Hamm

1.0	Vorwort	37
2.0	Selengleichrichter und was man darüber wissen sollte	38
2.1	Historie und Charakteristik	38
2.2	Vergleich Selen - Silizium am Praxisbeispiel	40
3.0	Wassergekühlte Gleichstromversorgungen	42
3.1	Der Klassiker in Öl	42
3.2	Varianten der wassergekühlten Galvanikgleichrichter	42
3.2.1	OWA	42
3.2.2	Direkte Wasserkühlung in Thyristortechnik	43
3.2.3	Primär-getaktetes Schaltnetzteil in wassergekühlter Bauart	46
4.0	Kühlkonzepte - Ideen und Praxisbeispiele	47
4.1	Entwicklung	47
4.2	Welche Varianten werden in der Praxis eingesetzt	48
5.0	Schema zur Ermittlung der Bauart eines Galvanikgleichrichters	52
6.0	Schlusswort	53

1.0 Vorwort

In der Nachkriegszeit bis weit in die 70er Jahre wurden Galvanikgleichrichter überwiegend mit Selen als Halbleiterwerkstoff ausgerüstet. Als Kühlarten standen damals wie auch heute die klassische ölgekühlte, die luftgekühlte und die öl-wassergekühlte Bauart zur Verfügung, wobei letztere nahezu vom galvanotechnischen Markt verschwunden ist. Moderne elektronische Gleichstromversorgungen in direkter Wasserkühlung konnten sich aufgrund technischer Vorteile hier in den letzten Jahren etablieren.

Für die Leistungsverstellung existiert noch der klassische Stelltransformator mit seiner mechanisch aufwändigen, großen und schweren Bauart. Weiterhin die bereits etablierten elektronischen Verstelleinheiten wie den Thyristor auf Siliziumbasis und den Leistungstransistor (IGBT – Silizium), der in den sogenannten getakteten Gleichrichtern seinen Einsatz findet.

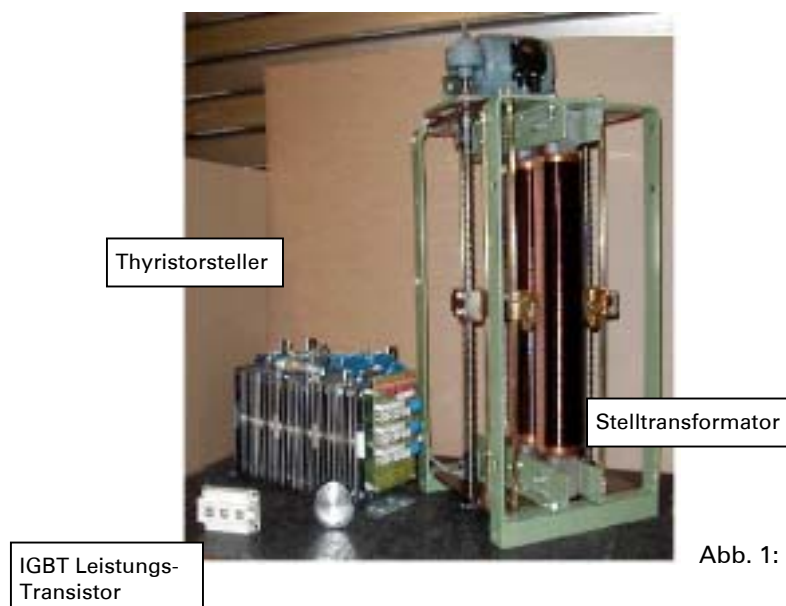


Abb. 1: Komponenten zur Leistungsverstellung

Oft spielte der Galvanikgleichrichter in der Kette der Gesamtgalvanik nur eine reine Statistenrolle! Robust und preiswert sollte das Gerät ein hohes Maß an Betriebssicherheit garantieren. Moderne Schlagworte wie z.B. Betriebskosten, Wirkungsgrad, Netzverhalten, Restwelligkeit oder Regeldynamik wurden bisher meist nur sehr stiefmütterlich behandelt.

Der Vortrag konzentriert sich auf zwei wesentliche Themenbereiche.

Zunächst wird der Gleichrichter mit Selen als Halbleiterwerkstoff vorgestellt, d.h. es wird deutlich gemacht, mit welchen technischen Eigenschaften und Nachteilen bei dieser Technik zu rechnen ist. Schließlich sind heute noch unzählige Geräte mit Selen im Einsatz. Darüber hinaus werden diese Geräte als Gebrauchtgeräte zu günstigen Preisen immer wieder auf den Markt gebracht.

Anschließend werden die wassergekühlten Gleichstromversorgungen detailliert vorgestellt, um die wesentlichen Vorteile transparent zu machen.

Warum eigentlich Wasser als Kühlmedium?

Man unterliegt einem Trugschluss, wenn heute gesagt wird, dass ölgekühlte Gleichrichter ohne weiteres durch kleine kompakte luftgekühlte (elektronische) Geräte ersetzt werden können. Häufig wurden die klassischen Boliden an Ort und Stelle durch luftgekühlte elektronische Gleichrichter ersetzt. Schon nach relativ kurzer Zeit kamen dann Schwierigkeiten, z.B. durch Korrosion, zum Vorschein.

Ein wesentliches Sicherheitskriterium für jede Gleichstromversorgung ist die Schutzart des Gerätes. Ein ölgekühlter Gleichrichter hat eine hohe Schutzart, man spricht hier von IP54. Der luftgekühlte Gleichrichter benötigt je nach Leistung wenig bis viel Luftumwälzung über interne Ventilatoren. Diese Ventilatoren verhindern eine hohe Geräteschutzart (meist IP20 oder IP21), welche insbesondere in der Galvanik von wesentlicher Bedeutung sein kann. Hier sticht der wesentliche Vorteil der wassergekühlten Technik.

"Wasser kühlt um ein Vielfaches besser als Luft" (Siemens spricht von Faktor 3.600)! Dadurch können Hochstromgeräte kompakt und mit hoher Schutzart zu interessanten Preisen realisiert werden.

2.0 Selengleichrichter und was man darüber wissen sollte

2.1 Historie und Charakteristik

Schon Ende der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts meinte die Fachwelt, die Ära „Selen“ sei vorbei, da die Entwicklung von Germanium- und Siliziumgleichrichtern vorangetrieben wurde. Dennoch wurde Selen noch bis Anfang der 80er Jahre mehrfach eingebaut.

Stärken des Selens

Was man nicht unterschlagen darf, ist das robuste Verhalten des Selens gegenüber Überstrom oder Überspannungen. Hier benötigen Siliziumdioden grundsätzlich eine angemessene Schutzbeschaltung.

Darüber hinaus hat ein neuer Selengleichrichter einen etwas besseren Wirkungsgrad als Silizium, was auf den Spannungsabfall (Selen etwa 0,6 V – Silizium etwa 0,8V – 0,9V) zurückzuführen ist.

Schwächen des Selengleichrichters

Das grundsätzliche Problem von Selengleichrichtern ist und war der offene PN (Halbleiter) – Übergang. Dieser reagiert empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen und ist somit nur von begrenzter Lebensdauer, hinsichtlich der optimalen Funktion als Gleichrichter.

Ein neu hergestellter Selengleichrichter zeigt zunächst eine schlechte Gleichrichterwirkung. Man muss ihn einer besonderen Behandlung unterziehen, die man auch „Formierung“ nennt. Der Gleichrichter wird einer langsam ansteigenden Spannung unterzogen, die dann auch einen hohen Sperrstrom erzeugt. Eigentlich müsste der Gleichrichter mit einer max. Ausgangsspannung von etwa 120% seiner Nennspannung formiert werden, um den optimalen Betriebspunkt zu erzielen. Dies ist jedoch mit den konventionell gebauten Geräten nicht möglich. Es kommt somit nur eine "quasi Kompromisformierung" mit mäßiger Wirkung in Frage.

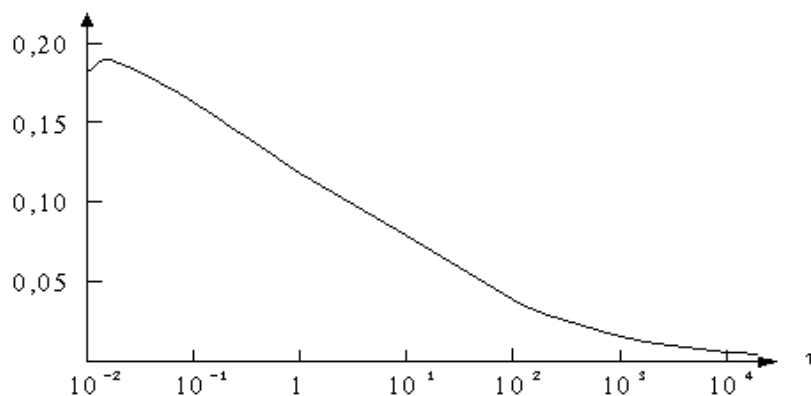


Diagramm 1: Zeitliche Abnahme des Sperrstromes (y-Achse:A/cm² / x-Achse:Zeit/Sek.)

In Diagramm 1 erkennt man, dass nach einiger Zeit ein annähernd konstanter Wert (Strom) erreicht ist. Sobald der Selengleichrichter für längere Zeit nicht benutzt wird, verschlechtert sich wiederum die Sperreigenschaft, so dass neu formiert werden muss.

In der Praxis ist nach etwa ½ Jahr Stillstand eine Formierung notwendig.

Nach Herstellerangaben beträgt die Lebensdauer von Selenplatten etwa 10 – 15 Jahre. Man kann davon ausgehen, dass ältere Selenätze als reiner Widerstand ohne große Gleichrichtwirkung betrachtet werden können!

Alterung und weitere Negativ-Einflüsse

Durch Alterung treten Veränderungen der elektrischen Eigenschaften des Selengleichrichters auf. Häufig ist eine Erhöhung des Spannungsabfalls (Ansteigen des Vorwiderstandes R im Ersatzschaltbild – $P_{\text{verl}} = I^2 \cdot R$) feststellbar.

Diese typische Eigenschaft des Selens ist, wie die durch Alterung bedingte Zunahme der Restwelligkeit (Ansteigen der Wechselanteile!), Grund zur Empfehlung des sofortigen Austausches gegen Siliziumdioden.

Ein weiteres Kriterium für die Alterungsbeschleunigung ist die Umgebungstemperatur bzw. die Wahl der Kühlverhältnisse des Selens.

Aus den technischen Unterlagen ehemaliger Selengleichrichtergerätehersteller (öl-selbstgekühlte Bauart) ist zu entnehmen, dass die angegebenen technischen Daten bei einer Umgebungstemperatur von +35°C gelten. Einer Erhöhung der Temperatur am Aufstellungsort auf z.B. 40°C sollte eine Dauerstromreduzierung auf 90% folgen.

Umweltgifte im Selen

Das Trägermaterial ist meist Aluminium, da Selenaluminium ein geringes Gewicht hat und mit Schutzlackierung feuchtigkeitsunempfindlich ist. Die Abnahmeelektrode wurde aus Aluminium gefertigt und die Gegenelektrode dagegen bestand aus einer Zinn- Kadmium-Legierung. Im metallischen Zustand stellt dies zunächst keine große Gefahr dar. Allerdings liegt im Falle einer Oxidation oder einer chemischen Verbindung ein hochgradiges Gift vor. Alte und unbrauchbare Selenplattensätze sind mit großer Vorsicht zu behandeln und entsprechend zu entsorgen!

Die vorgenannten Nachteile sprechen gegen den Einsatz von Selen. Schon Ende der 60er Jahre war z.B. eine Einfuhr von Selengleichrichtern nach Skandinavien aus umweltpolitischen Gründen verboten!

2.2 Vergleich Selen – Silizium am Praxisbeispiel

Der betriebswirtschaftlich sinnvolle Einsatz von Gleichrichtern ist heute wichtiger denn je. An einem konkreten Beispiel dokumentieren wir die unterschiedliche Netzstromaufnahme zweier Gleichrichtergeräte mit Selen und Silizium.

Es wurden dabei zwei Geräte mit 15V/10.000A in ölgekühlter Bauart mit Stelltransformator verglichen. Dazu wurden bei unterschiedlichen Belastungsfällen (Ohmsche Last) die Netzströme aufgenommen.

Die folgende Tabelle 1 und das Diagramm verdeutlichen den unterschiedlichen Netzstromverlauf.

Tab. 1: Netzstromaufnahme bei ohmscher Last –Silizium – Selen

Ug [%]	Ug [V]	Ig - Si [A]	Ig - Se [A]
100	15,00	286	321
90	13,50	272	300
80	12,00	250	282
70	10,50	242	267
60	9,00	219	238
50	7,50	207	227
40	6,00	183	199
30	4,50		
20	3,00		
10	1,50		

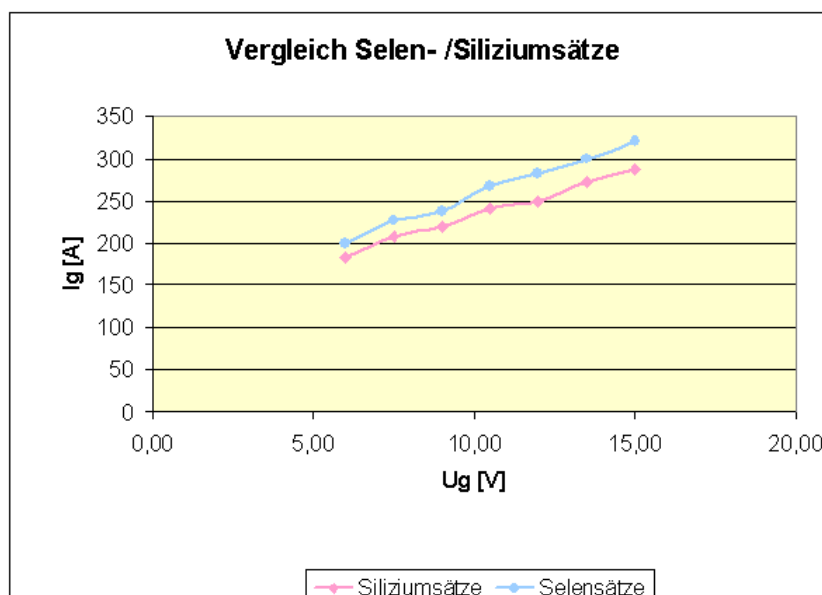


Diagramm 2: Kurvenverlauf Silizium – Selen aus Tabellenwerte Tab.1

Resultat der Messergebnisse

Das Selengerät (Bj.1975- Autola) nahm im oberen Gleichspannungsbereich zwischen 10% bis 13% einen höheren Netzstrom auf. Erfahrungsgemäß sind diese Werte auf andere Selengeräte übertragbar, wobei der jeweilige Selenzustand eine wesentliche Rolle spielt!

Wenn man aus Tabelle 1 z.B. den Betriebspunkt 12 V betrachtet, stellt man eine Netzstromaufnahme von etwa 32 A fest. Bei einer täglichen Auslastung von etwa 16 Stunden (etwa 2 Schichtbetrieb) bedeutet das eine elektrische Arbeit von 387 kWh/Tag.

Bei einer Betriebsdauer von etwa 220 Tagen und einem kWh – Preis von 0,075 € entstehen hier Mehrkosten für Energie von etwa 6.400,- €! Ein erheblicher Fixkostenbetrag der ohne weiteres zu reduzieren wäre!

Umrüstung von Selen auf Silizium

Im folgenden Beispiel haben wir die eigentlichen Umbaubaukosten für ein 10 kA Stelltransformatorgerät (Fabr. AUTOLA) aufgezählt.

Der Nachbau des alten Gleichrichtersatzes in Siliziumtechnik mit Schutzbeschaltung, Einbau und Abschlussprüfung beträgt hier etwa 5.500 €.

In diesem konkreten Beispiel würde sich der Umbau innerhalb eines Jahres amortisieren.

Allerdings sollten dann noch Zusatzkosten für die Wartung und Überholung der restlichen Gerätekostenkomponenten wie auch Transportkosten berücksichtigt werden, so dass man dennoch von max. 1,5 Jahren Amortisationszeit ausgehen sollte.

Im folgenden Bild sind a. ein Selenatz und b. ein konstruktiv angepasster und nachgebauter Siliziumdiodensatz dargestellt. Es ist durchaus möglich durch entsprechenden Aufwand in etwa die geometrischen Abmessungen und die ursprüngliche Fahnenlage zu rekonstruieren.



Abb. 2a + 2b : Selenplatten (links) – Silizium-Dioden –Nachbau (rechts)

Bevor ein Umbau von Selen auf Silizium empfohlen wird, ist zunächst der gesamte technische Zustand des Gerätes zu untersuchen.

Neben der eigentlichen Gleichrichtereinheit, den Diodenplatten, sind der Haupttransformator und die Verstelleinheit (Stelltransformator) zu überprüfen. In der Regel ist der Stelltransformator einer gründlichen Wartung zu unterziehen.

Unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Umrüstung auf Silizium dringend zu empfehlen!

Neben der daraus resultierenden Verbesserung des Wirkungsgrades erlaubt der Umbau i.d.R. eine Erhöhung der Leistungsdaten bis zu den eigentlichen Geräteenenddaten (100% ED).

3.0 Wassergekühlte Gleichstromversorgungen

3.1 Ölgekühlte Bauart - Der Klassiker

Bevor die wassergekühlten Gleichrichter vorgestellt werden, zunächst noch ein kurzes Wort zu den altbewährten, ölgekühlten Geräten.

In der Galvanotechnik trifft man drei klassische Kühlarten an. Die rein ölselfstgekühlte Bauart (siehe Abb. Nr.3) ist dabei eine der ältesten Varianten.



Abb. 3: Ölselfstgekühltes Galvanikgleichrichtergerät

Hier wird in einem lackierten Faltenblechkessel Isolieröl (Transformatoröl) eingefüllt. Die Hauptkomponenten wie der Stelltransformator oder auch der Thyristor, der Haupttransformator und die Dioden sind dort untergebracht. Die Verlustwärme wird über das Öl und die Oberfläche des Gesamtkessels an die Umgebung abgegeben.

Diese robuste (hohe Schutzart IP 54) und bewährte Technik hat allerdings auch Nachteile. So steigen mit zunehmender Ausgangsleistung die Abmessungen und das Eigengewicht unverhältnismäßig stark an. Die Geräteabwärme ist nicht nutzbar. Im Servicefall ist mit erheblichen Stillstandszeiten zu rechnen.

Das Preis-Leistungsverhältnis ist nach wie vor als akzeptabel zu bezeichnen.

3.2 Varianten der wassergekühlten Galvanikgleichrichter

In modernen Galvanikanlagen z.B. beim Verchromen oder beim Anodisieren von Aluminium (E-LOXAL), steht Wasser als Kühlmedium für Gleichrichtergeräte meist ausreichend zur Verfügung.

3.2.1 OWA

Wenn in der Galvanikbranche von wassergekühlten Gleichrichtern gesprochen wird, kommen dabei unterschiedlichste Interpretationen zum Vorschein.

Oft verbinden viele Anwender mit dem Begriff "Wasserkühlung" den sogenannten öl-wassergekühlten Gleichrichter (Kurz OWA genannt).



Abb.: 4 – „OWA“ – Öl-Wasser-Kühlung

Diese Bauart spielt heute eher eine untergeordnete Rolle. Meist wurde dieser Typ als Alternative zum bereits vorgestellten ölgekühlten Gleichrichter (Abb. Nr.3) bei hohen Ausgangsleistungen (> 5000 A) vorgezogen. Ein wesentlicher Vorteil war und ist die kleinere und kompaktere Bauart gegenüber den rein ölgekühlten Geräten. Hier reicht ein Glattblechkessel aus, dem an einer Seite ein Rohrbündelwärmetauscher und eine Umlaufpumpe angebaut werden.

Das interne Transformatorenöl wird mittels der Pumpe im Kreislauf durch den Rohrbündelwärmetauscher gepumpt. Die Verlustwärme des Gerätes wird so über das Kühlwasser im Primärkreis auf ein niedrigeres Temperaturniveau abgesenkt. Das daraus resultierende, warme Rücklaufwasser könnte für weitere Zwecke entsprechend genutzt werden. Die Wassereintrittstemperaturen betragen i.d.R. +16 °C ... +30 °C. Zu kaltes Wasser führt wiederum zur Kondenswasserbildung und letztlich zur Korrosion im Wärmetauscher.

Als Nachteile dieser Bauart sind, im Vergleich zu direkt wassergekühlten Gleichrichtergeräten, die dennoch großen Abmessungen, das hohe Eigengewicht und Öl als Kühl- und Isoliermedium zu nennen, was wiederum zunehmend aus umweltpolitischen Gesichtspunkten abgelehnt wird.

3.2.2 Direkte Wasserkühlung in Thyristortechnik

In den letzten zwanzig Jahren hat sich die direkte Wasserkühlung zunehmend durchgesetzt. Ihren Ursprung findet diese Technik in den Schweißstransformatoren.

Alle Hauptkomponenten, wie die Thyristoren als Verstelleinheit, der Haupttransformator und der Diodengleichrichter, werden direkt vom durchflossenen Wasser gekühlt.

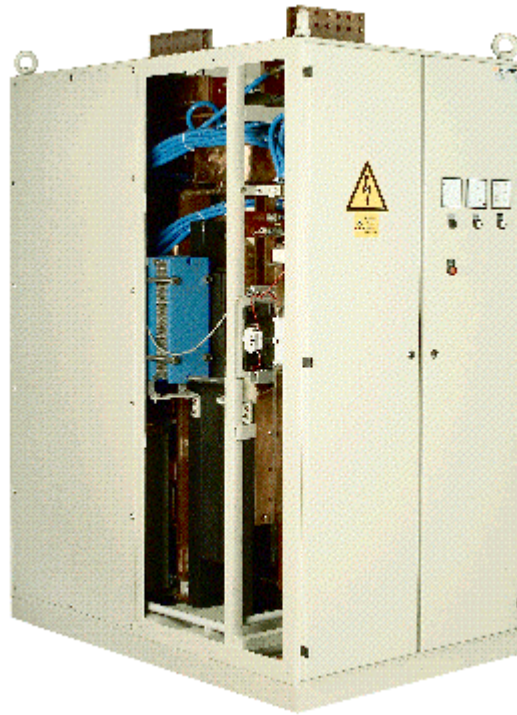


Abb. 5: Wassergekühlter Hochstromgleichrichter mit 25 kA – mit geschlossenem Wasserkreislauf über Wasser-Wasser-Wärmetauscher

Diese Bauart zeichnet sich durch die relativ geringen Abmessungen, das relativ niedrige Eigengewicht und der sehr servicefreundliche Aufbau aus! Das Wasser als Kühlmedium erlaubt eine hohe Geräteschutzart von IP 54, vergleichbar mit den bereits vorgestellten Bauarten öl-selbstgekühlt (OS) und öl-wassergekühlt (OWA).

Darüber hinaus ist der Thyristor als verschleißfreie Verstelleinheit zu betrachten. Man kann ihn durch entsprechende Anordnung auch als reversierbaren Gleichrichter (Polwender) ausführen. Diese Eigenschaften werden in modernen Chrombetrieben genutzt. Mit Hilfe einer ausreichend dimensionierten Glättungsinduktivität bietet der Thyristorgleichrichter eine für Chrom ausreichende Restwelligkeit.

Bei der direkten Wasserkühlung werden drei verschiedene Varianten realisiert.

Eine übliche Variante dokumentiert das folgende Blockschaltbild – Abb.Nr.6:

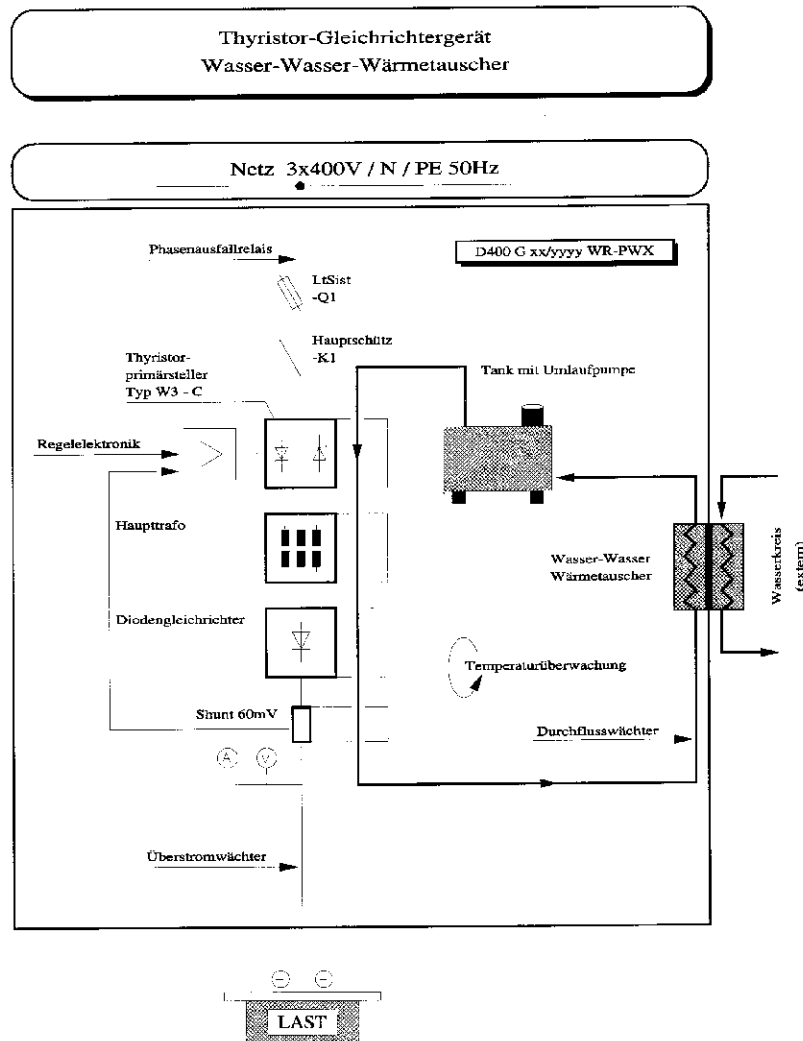


Abb. 6: Blockschaltbild wassergekühlter Thyristorgleichrichter

Das externe Kühlwasser des Primärkreislaufes fließt durch den Wärmetauscher und kühlt das interne Wasser auf ein entsprechendes Niveau herunter. Im Gerät befindet sich ein Wasserbehälter mit Umlaufpumpe. Wie bereits erwähnt, fließt das Wasser durch die entsprechenden Komponenten. Ein wesentliches Erkennungszeichen der direkten Wasserkühlung ist die typische Bauart des Haupttransformators. Zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen sind Kühlschleifen eingebaut, so dass das Wasser direkt durch den Transformator fließen kann und die entstehende Verlustwärme dort direkt abführt (potenzialfrei).

Im Servicefall kann man jede Geräteseite leicht öffnen und gelangt sofort an die gewünschten Komponenten.

Die Geräte werden i.d. R. für eine Wassereintrittstemperatur von ca. +18 °C bis +25 °C ausgelegt. Die Wasseraustrittstemperatur liegt in der Spanne von etwa +30°C bis +40°C. Dadurch gibt es weitere Verwendungsmöglichkeiten des Kühlwassers. Hierzu bieten sich verschiedene Varianten an, auf die in diesem Vortrag noch näher eingegangen wird.

Wassergekühlte Stromversorgungen erlauben **mit relativ geringem Aufwand** eine hohe Geräteschutzart (IP54 – wie bereits erwähnt). Insbesondere in der Galvanotechnik sind die Gleichstromversorgungen oftmals aggressiven Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Bei luftgekühlten Geräten dagegen ist die Gefahr der Korrosion und Verschmutzung durch wirkungsvolle Vorbeugungsmaßnahmen zu minimieren!

3.2.3 Primär-getaktetes Schaltnetzteil in wassergekühlter Bauart

Seit Mitte der 80er Jahre gibt es die sogenannten primär-getakteten Schaltnetzteile. Oft spricht der Anwender von elektronischen Gleichrichtergeräten, obwohl die vorbezeichneten Thyristorgleichrichter ebenfalls in die Rubrik der elektronischen Geräte gehören.

Diese Geräteart arbeitet mit einer Arbeitsfrequenz von etwa 25 kHz bis 100 kHz. (vgl. Abb.7)

Kurz zur Funktion

Das Netz speist über ein EMV-Filter und eine Diodenbrücke einen Gleichstromzwischenkreis. Diese geglättete Gleichspannung wird über die Leistungshalbleiter (IGBT- Transistoren) quasi zerhackt. Dieser schnell schaltende Hochfrequenzschalter arbeitet oberhalb des Hörbereichs. Ein Hochfrequenztransformator übersetzt die gewonnene Rechteckspannung. Dieser übernimmt die galvanische Trennung zum Netz und ist vergleichbar mit den Haupttransformatoren der konventionellen Technologien. Aufgrund der hohen Schaltfrequenz, kann der Transformator um ein Vielfaches kleiner ausgelegt werden!

Diese Technologie bietet in der Regel einen höheren Wirkungsgrad, ein niedriges Eigengewicht und eine unvergleichbar hohe Packungsdichte!

Eine weitere positive Nebenerscheinung dieser Geräteart ist die über den gesamten Stellbereich konstante Restwelligkeit von 1% ...3%, je nach Bauart.

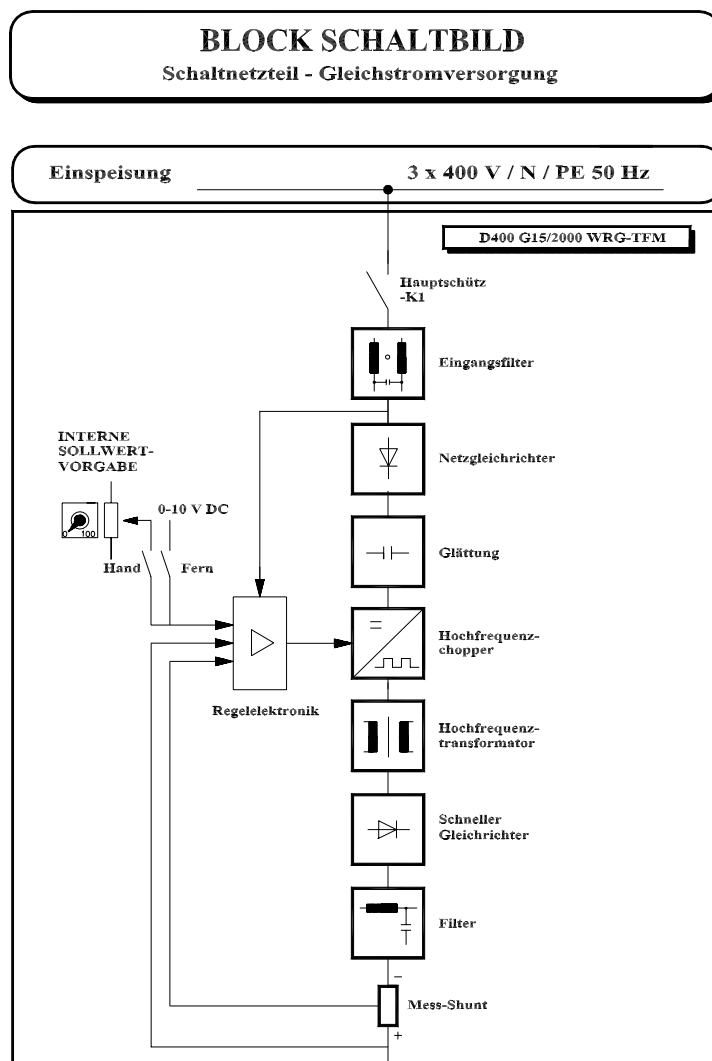


Abb. 7: Blockschaltbild Schaltnetzteil-Technologie

Auch hier bieten sich zwei Kühlarten an: Luft- und Wasserkühlung.

Bei der Wasserkühlung kann ebenfalls eine hohe Schutzart von IP 54 relativ leicht realisiert werden. Dadurch wird eine Aufstellung in Anlagennähe möglich, ohne Gefahr zu laufen, dass durch vorzeitige Korrosion ein Ausfall zu beklagen wäre.

Im folgenden Foto Nr. 8 sind mehrere Gleichrichter dieser Bauart dargestellt. Ein Gerät mit den Ausgangsdaten von z.B. 15V/4000A hat ein Eigengewicht von etwa 500 kg. Kurz zum Vergleich dagegen ein ölgekühltes Gerät hat ein Eigengewicht von etwa 1.700 kg + einen Ölbedarf von etwa 1.100 kg. Die konstruktiven Vorteile werden hier schnell deutlich!



Abb. 8: Wassergekühltes Schaltnetzteil – **psp family** / omega XXL 15V/4000A

4.0 Kühlkonzepte – Ideen und Praxisbeispiele

4.1 Entwicklung

Mit der industriellen Revolution begann im 19. Jahrhundert die technische Entwicklung und Anwendung von Wärmespeichern. Aber erst in den letzten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde die Forschung in diesem Bereich intensiviert.

Trotzdem ist die Wärmespeicherung, vor allem über lange Zeiträume hinweg, ein noch nicht vollständig gelöstes technisches Problem.

Dass es möglich ist, Wärme in großen Wasserspeichern von Sommer bis Winter zu speichern, haben einige in den vergangenen Jahren realisierte Anlagen, allerdings nur im Bereich von Einfamilienhäusern, gezeigt. Es existieren Arbeitsgemeinschaften, die insbesondere mit dem Fraunhofer-Institut zusammenarbeiten. Für industrielle Anwendungen werden zur Zeit Pilotanlagen vorbereitet. Auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Wärmepumpe, die ein Temperaturniveau von +35°C auf +100°C setzen soll, sind innovative Ideen in der Umsetzungsphase. Hier könnte man dann entsprechende Wärme für Abkochentfettungen o.ä. einsetzen.

Grundsätzlich bieten die wassergekühlten Gleichstromversorgungen die Möglichkeit der Einbindbarkeit in vorhandene Kühlkonzepte. Die konsequente und optimale Nutzung der Wasseraustrittstemperatur für verfahrensnotwendige Prozessstufen wäre eine ideale Zielsetzung. Allerdings darf bei den vorbezeichneten Geräten nicht vergessen werden, dass die Austrittstemperaturen meist nicht über +35°C bis + 40°C gelangen.

In der Praxis sind zahlreiche Nutzungsvarianten bekannt, die jedoch hinsichtlich des Innovationsgrades als gering einzustufen sind. Darüber hinaus liegen keine aussagefähigen Daten vor, die eine betriebswirtschaftliche Beurteilung ermöglichen.

4.2 Welche Varianten werden in der Praxis eingesetzt?

In jüngster Zeit wurden für eine neue Erweiterung einer Galvanik wassergekühlte Schaltnetzteile (**psp family** Typ omega XXL) ausgewählt. Die Geräte sollen von einem zentralen Kühlaggregat versorgt werden. Konkret bedeutet das, eine kontinuierliche Wasserversorgung der Gleichrichter und eine Umsetzung der Verluste über einen Luft-Wasser-Wärmetauscher.



Abb. 9: Grafik Kühlaggregat – Umsetzung Warmwasser in Abluft in Raum „A“

Aus Abb. Nr. 9 wird deutlich, dass die Warmluft durchaus für weitere Zwecke genutzt werden kann. In diesem Fall wird zwischen zwei getrennten Räumen gewählt. Durch Ansteuerung einer Kanalweiche ist eine gezielte Luftlenkung möglich (vgl. Abb. Nr. 10).



Abb. 10: Grafik Kühlaggregat – Umsetzung Warmwasser in Abluft in Raum „B“

Im Winter kann das z.B. die Beheizung einer Fertigungshalle sein und in den Sommermonaten ein Lagerraum, in dem z.B. Kaminholz getrocknet wird. Dieses Holz verwendet man in der Regel nach etwa 2 Jahren trockener Lagerung. Mit dieser Lösung erhofft man sich eine Reduzierung der Trocknungszeit auf wenige Monate.

Wassergekühlte Gleichrichter zur Wachstumsbeschleunigung von Forellen

In einem weiteren Praxisbeispiel wurde ein Feuerlöschteich auch zur Forellenzucht genutzt. Die folgende Grafik (Abb. Nr. 11) verdeutlicht das.

Eine Reihe von Stromversorgungen wird hier ebenfalls im geschlossenen Kreislauf mit Wasser versorgt. Im Zwischenkreis befindet sich ein 300 Ltr. großer Vorratsbehälter. Sobald diese 300 Ltr. eine Mindesttemperatur erreicht haben, erfolgt ein Austausch mit dem Feuerlöschteich. Im Primärkreis wird die Verlustwärme über den Feuerlöschteich (etwa 165 m³) heruntergekühlt. In diesem Teich werden regelmäßig Jungforellen eingesetzt, die sich nach kurzer Zeit einer angemessenen Größe erfreuen!

So wurden z.B. im Mai etwa 300 St. Jungforellen mit einer Größe von etwa 12 cm und 50 gr. Eigengewicht dort ausgesetzt. Im September sind die Tiere auf gut 30 cm Länge und 1000 gr. Eigengewicht herangewachsen. Dies entspricht in etwa einer Zeitersparnis von 1 – 2 Monaten.

In diesem Fall liegt wiederum kein hohes Innovationsniveau vor! Dennoch ist eine Optimierung des Kühlkonzeptes realisiert worden.

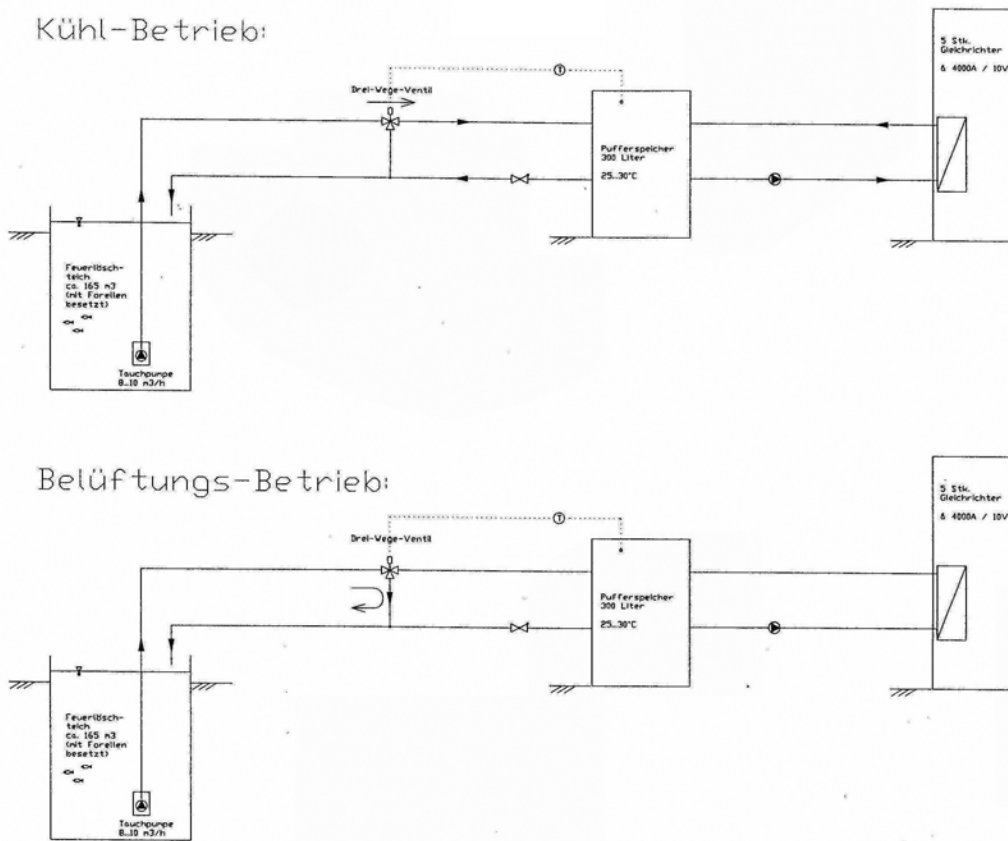


Abb. 11: Kühlkonzept mit Forellenzucht

Einfache Raumheizung

Es kommt nicht selten vor, dass die Verlustwärme der zu kühlenden Verbraucher über einen einfachen Lufterwärmer, der z.B. über einen Raumthermostat gesteuert wird, in einen Raum geleitet wird. Im folgenden Schema (Abb. Nr. 12) wird dies deutlich.

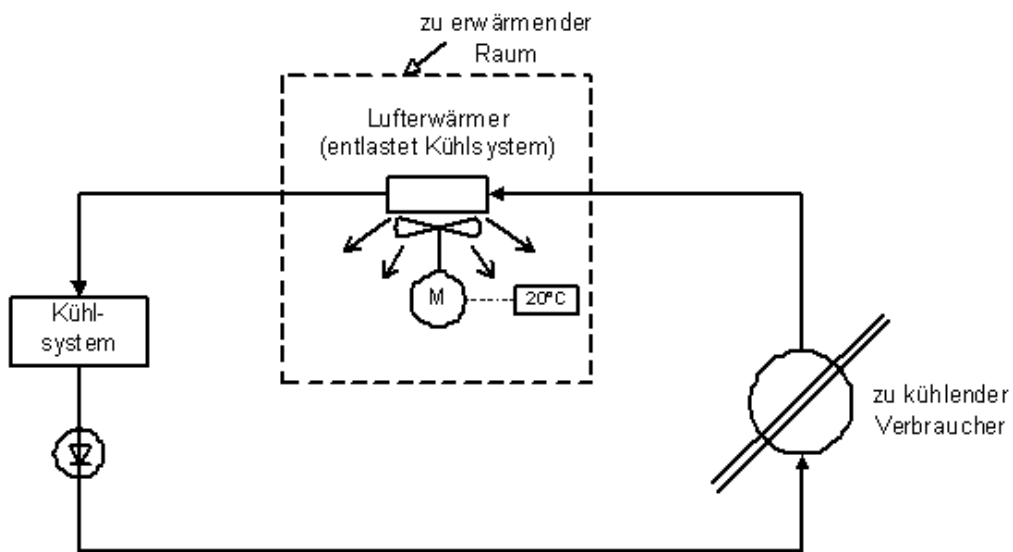


Abb. 12: Blockschaftbild einer einfachen Wärmerückgewinnung

Als zu kühlende Verbraucher eignen sich selbstverständlich wassergekühlte Gleichstromversorgungen.

Weitere Beispiele

In vielen „ELOXAL“ – Unternehmen sind die wassergekühlten Gleichrichtergeräte in die Versorgung der Spülbäder eingebunden. Hier wirkt sich das warme Spülwasser positiv auf den Prozessablauf aus. Darüber hinaus bedarf es keiner allzu hohen Eintrittstemperatur (<math><40^{\circ}\text{C}</math>).

In einem anderen Fall wurden Wasserleitungen zwischen zwei Lagerhallen unterhalb des befahrbaren Weges verlegt. Das Warmwasser fließt dort kontinuierlich durch und ermöglicht in kalten Monaten frost- und schneefreie Wege.

Im folgenden Beispiel (Abb.Nr. 13) werden in einer Großgalvanik mehrere Gleichrichter in einem geschlossenen Kreislauf über eine Kühlanlage versorgt. Die Verlustwärme wird über einen Wärmetauscher heruntergekühlt. Die Kühlmaschine ermöglicht anschließend ein wiederum höheres Temperaturniveau zur Wärmung von diversen Bädern.

Ein externer Freikühler dient zur Abführung überschüssiger Wärme.

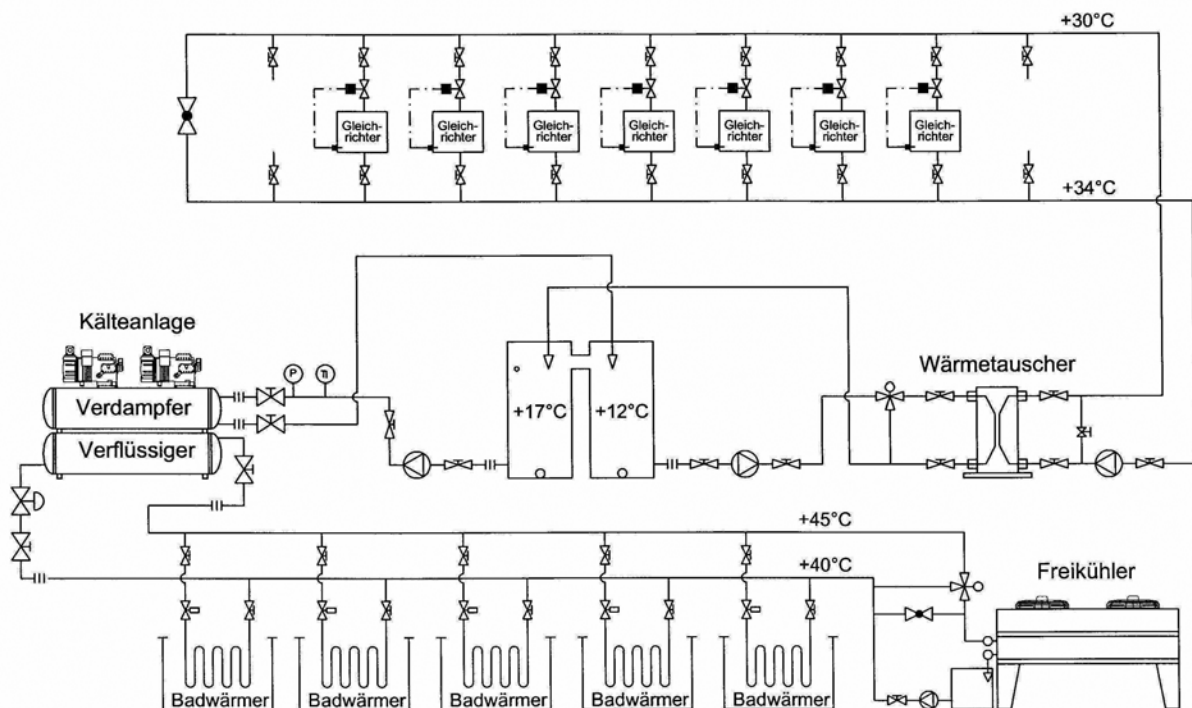


Abb. 13: Kühlkonzept für mehrere Galvanikgleichrichter

5.0 Schema zur Ermittlung der Bauart eines Gleichrichters

Als wichtige Ergänzung zu diesem Vortrag stellen wir eine schematische Darstellung vor, mit der jedem planenden Anwender die Auswahl der optimalen Gleichstromversorgung erleichtert werden soll.

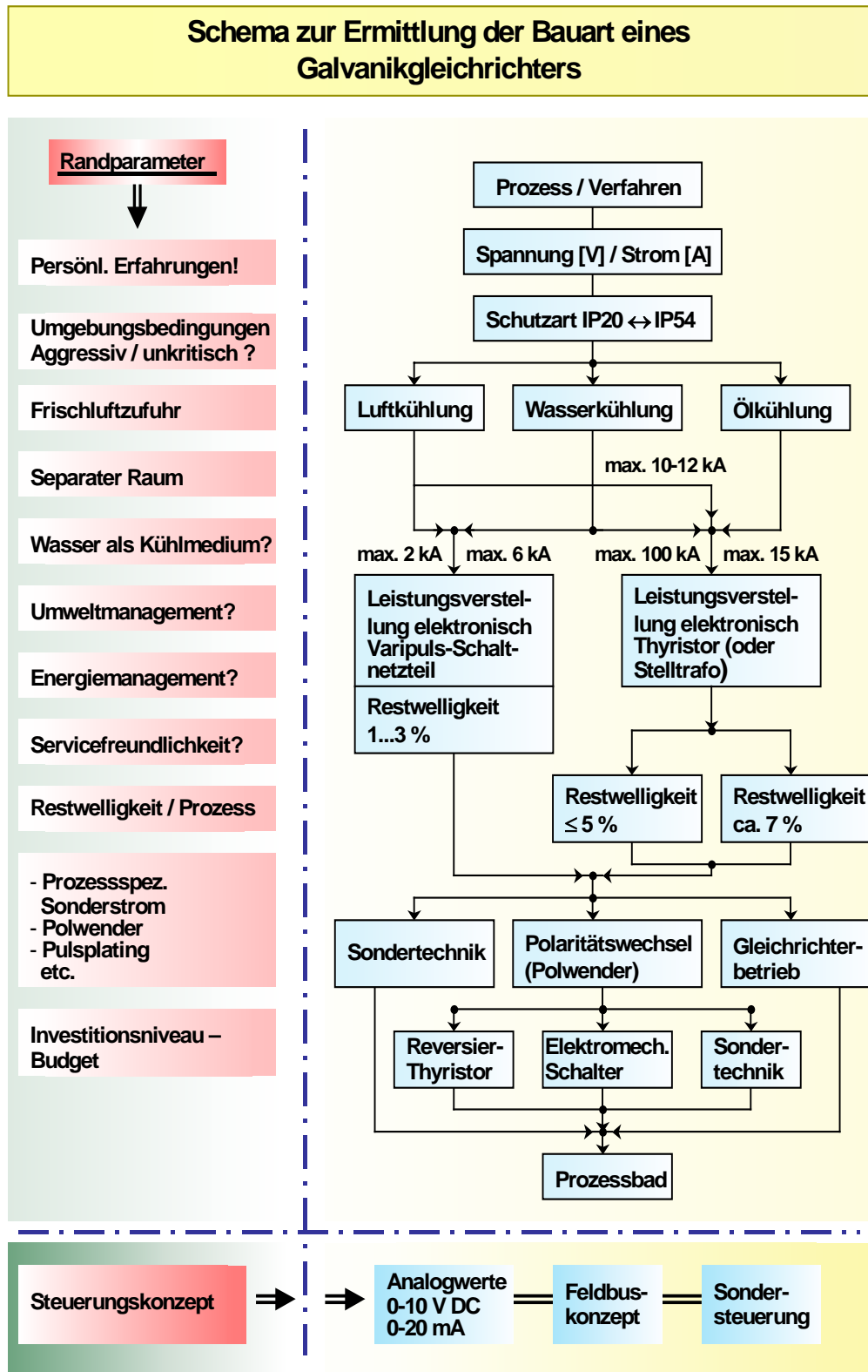


Abb. 14: Munk Auswahl-Algorithmus

Das dargestellte Schema ist von oben nach unten zu studieren. Linksseitig sind eine Reihe von praxisrelevanten Kriterien oder auch Randparameter aufgeführt. Diese Parameter sind etwa auf der gleichen Höhe angeordnet, wie die rechtsseitig dazugehörenden technischen Fragen. Mittels konsequenten „Abfragens“ gelangt man schließlich zum Ziel! Im „Bodenbereich“ des Schemas ist noch die Frage der Schnittstelle (Ansteuerung) zu beantworten. Nach erfolgreichem Abschluss sollte die optimale Wahl getroffen sein!

6.0 Schlusswort

Dieser Kurzvortrag orientiert sich im wesentlichen an dem, was in der Praxis vom Gleichrichtergerätehersteller gefordert wird.

Der immer noch hohe Selengleichrichteranteil in der Galvanikbranche ist mit ein Grund, diese Thematik hier näher zu diskutieren! Aufgrund von Schließungen vieler Galvanikbetriebe in Europa, kommen Altgeräte mit Selen immer wieder auf den Markt zurück. Der zunächst interessante Gebrauchtgerätepreis, man sprach oft von 1 DM/Ampere als Formel zur Preisermittlung, war auf den ersten Blick ein verlockendes Angebot. Dennoch darf dabei neben dem bereits vorgestellten schlechten Wirkungsgrad nicht unterschlagen werden, dass oftmals auch noch Altöl mit einem hohen Anteil an PCB den Besitzer wechselten!

Die Notwendigkeit zum sofortigen Handeln sollte jetzt deutlich geworden sein! Für jedes betriebswirtschaftlich orientierte Unternehmen ist es ein zwingendes „Muss“ Selen gegen Silizium auszutauschen.

Die mögliche Nutzung der Geräteabwärme und die Option der Einbindung in vorhandene Kühlkonzepte sind die grundsätzlichen Vorteile der direkten wassergekühlten Bauart.

Viele Anwender, die vom klassischen ölgekühlten Galvanikgleichrichter auf „Wasser“ umgesattelt haben, bestätigen die Vorteile. Die Möglichkeit der konsequenten Nutzung der Verlustwärme über das Wasser komplettieren die Kette der Produktvorteile.

Das unter 5.0 vorgestellte Schema hat zwar weniger mit dem Vortragsthema zu tun, sollte allerdings als eine Art sinnvoller Ratgeber angesehen werden.

Ein Ratgeber, der grundsätzliche Überlegungen anstellt und so dem Anwender eine Orientierung zur optimalen Auswahl bietet. Hauptsache „billig“ darf nicht das einzige Entscheidungskriterium sein! Für jeden „Controller“ oder betriebswirtschaftlich orientierten Anwender sind die Folgekosten der Investition deutlich zu machen.

Der Gleichrichter ist ein Investitionsobjekt, geplant für eine sehr lange aktive Zeit in der Galvanik. Vergangene Generationen hatten überwiegend positive Erfahrungen mit den klassischen, ölgekühlten Galvanikgleichrichtern!

Der sich vollziehende Generationenwechsel verlangt heute von den Gleichstromversorgungen nicht nur Betriebssicherheit, sondern auch ein hohes Maß an Wirtschaftlichkeit. Dazu ist eine ausgiebige technische Information zwingend erforderlich!

Energieeffiziente Trocknung nach dem Kondensationsprinzip mit Wärmerückgewinnung

Dipl.-Ing. (FH) Joachim Bach, HARTER Oberflächen- und Umwelttechnik GmbH, Stiefenhofen



Gliederung Vortrag

Energieeffiziente Trocknung nach dem Kondensationsprinzip mit Wärmerückgewinnung

- 1) Vorstellung HARTER GmbH
- 2) Produkte & Referenzen
- 3) Anfänge der Kondensationstrocknung in der Galvanik
- 4) Markteinführung Airgenex® 1996
- 5) Airgenex® - der Kreislauf
- 6) Airgenex® - das pfiffige Wärmetauscherkonzept
- 7) Airgenex® - die Anwendungen
- 8) Airgenex® - die energierelevanten Daten aus der Praxis
- 9) Airgenex® - die Trocknungsparameter
- 10) Airgenex® - einfach trocknen oder was?



1. Vorstellung HARTER GmbH

1.1 Firmeninformation

- Standort: Stiefenhofen (Kreis Lindau /Bodensee)
- Firmengründung: 1990
- Mitarbeiterzahl: 16
- Geschäftsführer: Dipl.-Ing. (FH) Joachim Bach
- Produktspektrum: Trocknungsanlagen nach Kondensationsprinzip mit Wärmerückgewinnung
- Mehr Infos unter: www.harther-gmbh.de



1. Vorstellung HARTER GmbH

1.2 Leistungsspektrum

- Entwicklung und Vertrieb
- Technikumsversuche
- Feldversuche
- Produktion
- Service



2. Produkte und Referenzen

- **Schlammrockner:**
seit 1990: ca. 360 Anlagen weltweit
Einsparung von Entsorgungskosten
- **Airgenex®:**
seit 1995: ca. 150 Referenzanlagen europaweit
Anwendungsbereiche
Oberflächentechnik insbes. Galvano-, Beschichtungs-,
Lackier- und Reinigungstechnik sowie Sonderanwendungen
Prozesscharakterisierung
schnell, schonend, energieeffizient, und damit wirtschaftlich
- **Service:**
80 Kunden in einem Servicepool
Erhaltung der Betriebssicherheit

3. Anfänge der Kondensationstrocknung in der Galvanik

3.1 Standard-Schlammrockner

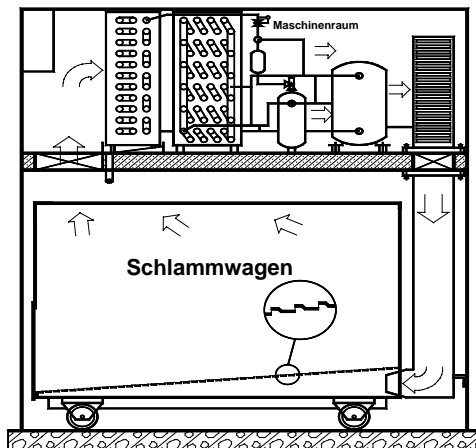
- Chagentrockner nach der Schlammentwässerung
- bis ca. 1.500 kg KFP-Schlamm pro Tag
- Trocknung von ca. 30% TS auf etwa 80% TS
- 50% weniger Schlamm zu entsorgen



3. Anfänge der Kondensationstrocknung in der Galvanik

3.2 Standard-Schlammrockner

- Anlagentechnik -



- geschlossener Kältekreis
Nutzung der Kompressorabwärme
- geschlossener Luftkreis, daher keine Abluft
- einfache Bedienung
- mittlerer Energiebedarf
~ 0,4 KWh / l H₂O (TS 30% → 80%)

3. Anfänge der Kondensationstrocknung in der Galvanik

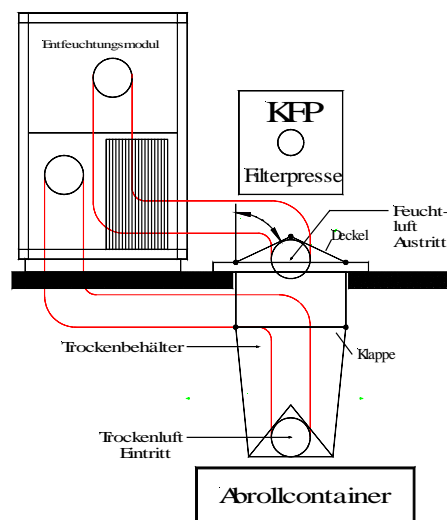
3.3 Sonderanlagen Schlammrockner

- integrierte Lösungen
- vollautomatischer Betrieb
- minimales handling
- meist für größere Schlamm-mengen
- 2 – 10 t Schlamm/Tag



3. Anfänge der Kondensationstrocknung in der Galvanik

3.4 Sonderanlagen Schlammrockner - Anlagentechnik -



4. Markteinführung Airgenex® 1996

- Idee wirkt überzeugend und motivierend
- kritische Betrachtung durch die Kunden
- Überzeugungsarbeit durch Feldversuche

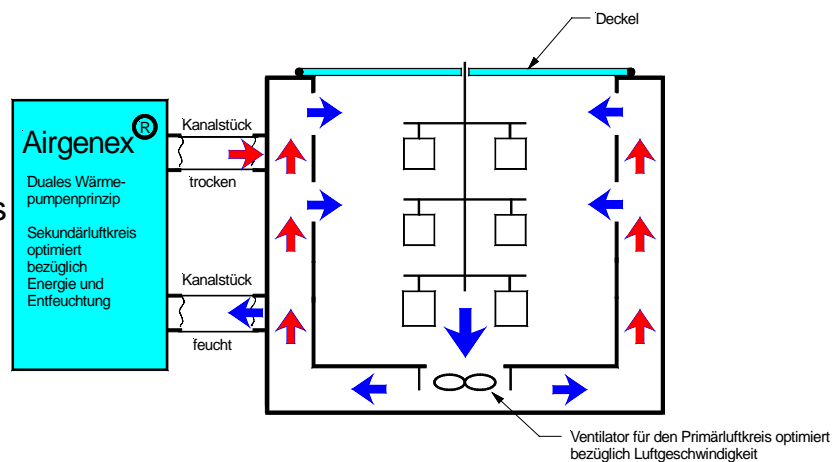
Rückenwind durch:

- Prozess der ständigen Verbesserung
- Qualitätsverständnis
- Umweltverständnis
- Kostenverständnis
- Verständnis für Wettbewerbsvorteil durch technologische Führerschaft

5. Airgenex® - der Kreislauf

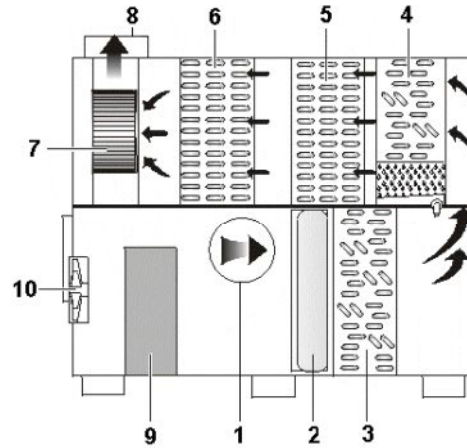
Charakteristik

- keine Abluft
- keine Zuluft
- optimierter Prozess
- stabiler Prozess
- schnell
- energieeffizient



6. Airgenex® - das pfiffige Wärmetauscherkonzept

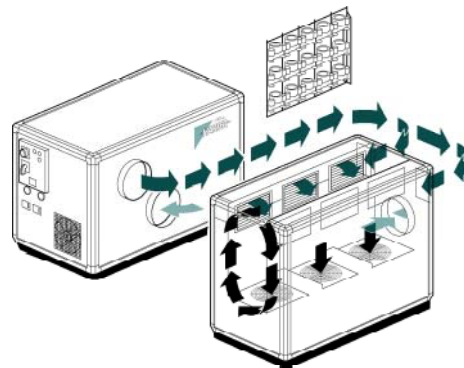
- 1 Eintrittsstutzen
- 2 Luftfilter
- 3 Luftvorkühler
- 4 Luftkühler
- 5 Luftvorerhitzer
- 6 Luftherhitzer
- 7 Umluftventilator
- 8 Austrittsstutzen
- 9 Zusatzwärmetauscher
- 8 Zusatzventilator



7. Airgenex® - die Anwendungen

7.1 Gestelltrocknung

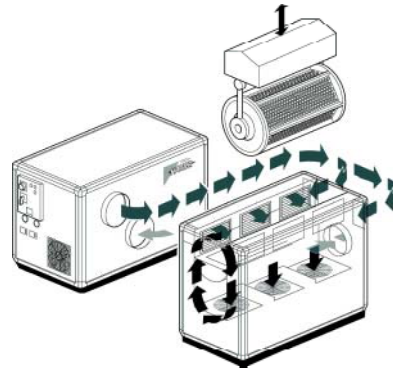
- meist getaktete Anlagen
(z.B. Galvanikautomat)
- Airgenex® Modul +
Gestelltrocknergehäuse
- Modul meist peripher aufgestellt,
z. B. Keller, Bühne, ...



7. Airgenex® - die Anwendungen

7.2 Trommeltrocknung

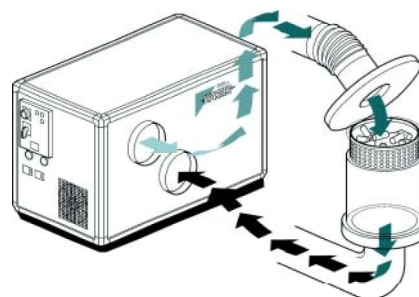
- meist getaktete Anlagen
(z.B. Galvanikautomat)
- Schüttgut, Masseware in
Trommeln
- Airgenex® Modul +
Trommeltrocknergehäuse
- spezielle Luftführung durch die
Trommel, PE-Schale, druckstarke
Ventilatoren



7. Airgenex® - die Anwendungen

7.3 Topf-/Zentrifugentrocknung

- ruhende (statische) Trocknung
von Schüttgut aus z.B.
Trommelgalvanik
- mit Zentrifuge gekoppelte
Anwendung für Masseware
- Airgenex® Modul + Topftrockner
oder Zentrifuge



7. Airgenex® - die Anwendungen

7.4 Rohrtrocknung

- meist getaktete Anlagen
- Trocknung von Rohren versch. Materials, Ø 1,25 mm - 400 mm z.B. nach dem Entfetten
- auch im Rohrbündel
- Airgenex Modul + Rohrbündeltrockner mit Deckel

7. Airgenex® - die Anwendungen

Airgenex® - Praxisbeispiel -Rohrtrocknung -

Beispiel einer Rohrbündeltrocknung

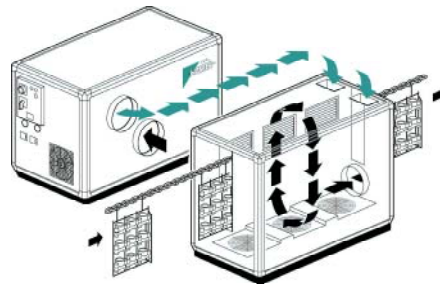
- Taktzeit 12 Minuten
- Rohrlänge bis 14 m
- Charge ca. 1000 kg
- Airgenex® 15.000 Modul (15 kW elektrische Anschlussleistung)
- Rückgewinnung des nicht wässrigen Reinigers



7. Airgenex® - die Anwendungen

7.5 Durchlauftrocknung

- getaktete Anlagen oder Durchlaufanlagen meist in der Lackier- und Reinigungstechnik
- Airgenex® Modul + Durchlauftunnel mit autom. Türen oder Schleusen



7. Airgenex® - die Anwendungen

7.6 Airgenex® - Anwendung - Bandtrocknung -

Beispiel Bandtrockner
Schraubenbeschichtung



8. Airgenex® - die energierelevanten Daten aus der Praxis

8.1 Beispiel Trommeltrocknung

Teileart:	Muttern
Charge:	ca. 70 kg
Spüle:	Raumtemperatur
Trommel:	Ø = 460 L = 1000
Takt:	7 min
Anzahl Kammern:	2
Maße innen:	l x b x h = 650 x 1350 x 700 mm
Primäres Umluftsystem:	= 10.400 m ³ /h 1.000 pa = 6,4 kW elektrische Anschlussleistung
Airgenex® - Entfeuchtungsmodul:	= 9,5 kW elektrische Anschlussleistung
elektrische Zusatzheizung:	keine

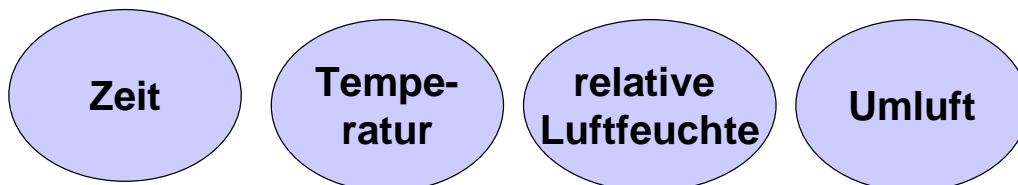
8. Airgenex® - die energierelevanten Daten aus der Praxis

8.2 Beispiel Gestelltrocknung

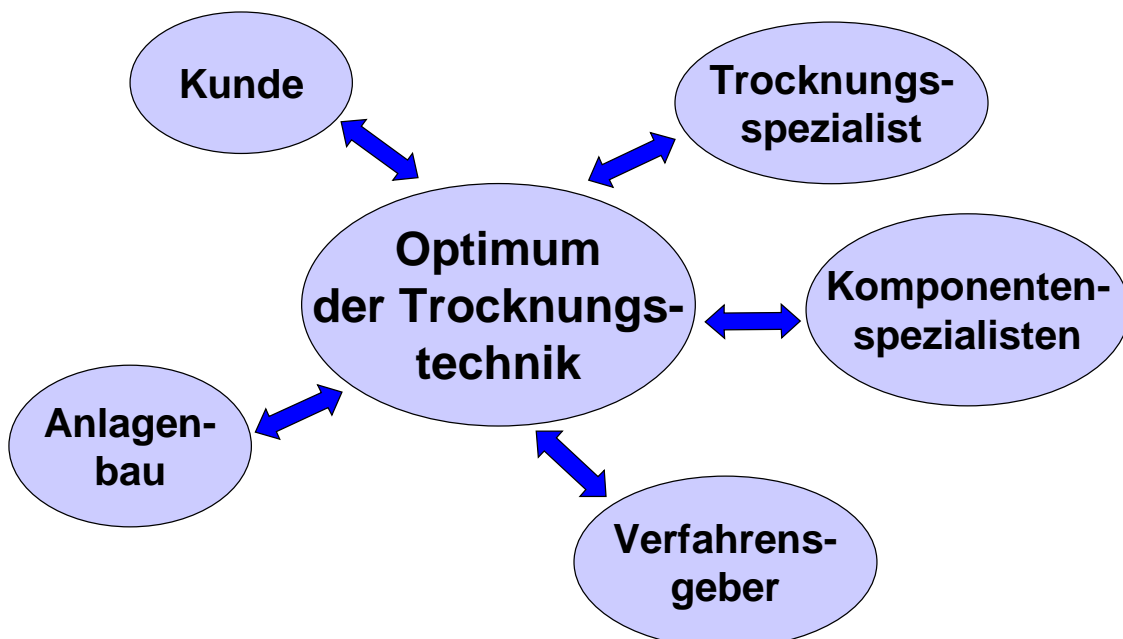
Teileart:	Lohnfertigung
Charge:	0 – 500 kg
Spüle:	Raumtemperatur
Takt:	12 min
Anzahl Kammern:	1
Maße innen:	l x b x h = 850 x 4.400 x 1.800 mm
Primäres Umluftsystem:	= 51.000 m ³ /h 250 pa = 10,8 kW elektrische Anschlussleistung
Airgenex® - Entfeuchtungsmodul:	= 9,5 kW elektrische Anschlussleistung
elektrische Zusatzheizung:	keine

9. Airgenex® - die Trocknungsparameter (Einflussfaktoren)

- Teil: Geometrie, Oberflächenbeschaffenheit, Werkstoff, Masse, Empfindlichkeit, ...
- Charge: Masse, Oberfläche, Gestelltechnik, Schüttung, Perforation, Trommelgeometrie, ...
- letzte Spüle: Zeit, Leitfähigkeit, Oberflächenspannung, ...
- Galvanikanlage bzw. Rezeptur: Abblasen, Ausblasen, Abtropfzeit, Vibrationen, Drehen, ...
- Mensch: Aufhängen, Befüllung, Prozessbeeinflussung, ...



10. Airgenex® - einfach trocknen oder was?



Die größte Wertschöpfung ist nur im Team zu gewinnen!

Anlagenkonzepte zur energieeffizienten Trocknung in der Galvanikindustrie

Dipl. Ing. Andreas Lewin, Richard Tscherwitschke GmbH, Leinfelden-Echterdingen

Galvanotechnische Oberflächenbehandlungen sind Verfahren, die in wässrigen Medien durchgeführt werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, das behandelte Gut nach dem Beenden des Beschichtungsprozesses zu trocknen. Dabei kommt es darauf an, das Gut mit minimalem Aufwand an Energie, Arbeitskraft und Hilfsmitteln so zu trocknen, dass die gewünschten Qualitätseigenschaften erreicht werden und Beschädigungen der Ware nicht auftreten.

Neben einem optimalen Trocknen der Ware werden heute noch weitere Anforderungen an die Trocknungseinrichtungen in der Galvanikindustrie gestellt.

- Integrierbarkeit in die Automatisierung der Oberflächenbehandlungsanlage
- Einhaltung der Taktzeiten
- Schonung der Ware
- Minimieren des Platzbedarfes.
- Minimieren des Energieverbrauches

Auf die Minimierung des Energieverbrauches bei Umlufttrommeltrocknern wird in diesem Vortrag besonders eingegangen.

Grundlagen der Trocknung:

Die durch Forschung und Praxis gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen uns heute, die Planung und Konstruktion kostengünstiger und wirtschaftlicher Trockner.

Durch neue Erkenntnisse und Technologien wurde der Primärenergieverbrauch je Kilogramm beseitigter Flüssigkeit in den letzten Jahrzehnten um bis zu 50 % reduziert.

Der erste Weg zur Energie- und Trocknungszeiteinsparung ist möglichst viel der am Gut anhaftenden Flüssigkeitsmenge auf „mechanischem Wege“ abzuführen. Dieses kann durch abschleudern, absaugen oder auch durch pulsierende Luftströmungen erfolgen. Durch die Optimierung dieser Maßnahmen ist es möglich, einen sehr großen Anteil der Flüssigkeit zu entziehen.

Der dann noch anhaftende Flüssigkeitsfilm muss vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand überführt werden. Dafür sind ca. 2400 kJ/kg Wasser bei 75°C notwendig. Diese Energie muss der Ware entzogen oder auf den Flüssigkeitsfilm durch Strahlung oder Konvektion übertragen werden.

In der Regel wird Konvektionstrocknung mittels Heißluft eingesetzt. Durch die Erwärmung der Luft im Trocknungssystem ist diese in der Lage, Feuchtigkeit aufzunehmen und so den zu trocknenden Teilen zu entziehen. Weil die im Trockner umgewälzte Luft nur eine begrenzte Aufnahmekapazität für Wasser hat, muss ständig die gesättigte Luft durch ungesättigte Luft ausgetauscht werden.

Die gesättigte Luft wurde früher an die Umgebungsluft abgegeben. Dieses bedeutet einen nicht unwesentlichen Energieverlust. Durch neue Lösungswege kann der Energieverlust stark verringert werden.

1. Rückgewinnung der Energie aus der Abluft durch Wärmetauscher

Ein Lösungsweg ist, die Frischluft mit der Abluft zu erwärmen. Neue Wärmetauscher arbeiten bei kompakter Baugröße und geringen Kosten mit hohem Wirkungsgrad.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Wirkungsgrade und Energiemengen die unter verschiedenen Ablufttemperaturen mit unterschiedlichen relativen Feuchten erzielt werden können.

		1	2	3	4	5
Frischluft Eingang	T in °C	20	20	20	20	20
	r. F. in %	55	55	55	55	55
Frischluft Ausgang	T in °C	40,6	59,3	42,9	46	51,5
	r. F. in %	16,8	6,6	15	12,7	9,6
Abluft Eingang	T in °C r	41	62	45	53	60
	r. F. in %	70	35	48	21	14
Abluft Ausgang	T in °C r	32,3	38,7	29,9	27	28,4
	r. F. in %	100	100	100	84,2	71,9
Wirkungsgrad Frischluft in %		98	94	92	79	79
Wirkungsgrad Abluft in %		42	56	60	79	79
Leistung in kW		3,4	6,5	3,8	4,3	5,3

Wie an Hand der Daten der Tabelle zu sehen ist, erreicht der Wärmetauscher die beste Leistung, wenn die relative Feuchte der Abluft am höchsten ist.

Wir haben Tests mit unserem Trocknungssystem bei 50°C, 60°C, 70°C und 80°C Trocknungstemperatur durchgeführt. Bei allen Versuche stieg die relative Luftfeuchte in den ersten 2 Minuten an. Nach ca. 2 Minuten wird der Maximalwert erreicht.

Bei einer Trocknungstemperatur von 50°C haben wir erwartungsgemäß die höchsten relativen Feuchtigkeitswerte gemessen (höchster gemessener Wert lag bei 84 %).

Bei einer Trocknungstemperatur von 80°C war der höchste gemessene Wert der relativen Feuchtigkeit 48 %.

Eine Sättigung der im Trockner umgewälzten Luft wird nicht erreicht. Über eine feuchtigkeitsabhängige Regelung der Zu- und Abluft wird nur die notwendige Luftmenge ausgetauscht, die für einen optimalen Trocknungsprozess notwendig ist.

Bei Unterschreiten der eingestellten Feuchte (10 - 15% r.F.) wird das Gerät abgestellt (Standby).

2. Entfeuchtung durch Abkühlung

Ein weiterer Weg ist, die Luft im geschlossenen Trocknungssystem zu entfeuchten. Dieses erfolgt durch Abkühlung und Kondensation. Die entzogene Wärme wird nach der Abkühlung wieder zur Erwärmung der Luft verwendet.

Dieser Lösungsweg ist nur ökonomisch, wenn die zu trocknenden Bauteile großflächig und gut von der Luft zu umströmen sind. In diesem Fall kann auch mit sehr geringer Trocknungstemperatur gefahren. Da dadurch auch die Ware entsprechend weniger Energie aufnimmt kann dabei mit vergleichsweise wenig Energie getrocknet werden.

Gerade bei Trommelware hat man oft einen kompakten Warenhaufen und die Luft muss ihren Weg durch die Trommel und diesen Warenhaufen finden. Je nach Ware wird aber nur die oberste Schicht des Warenhaufens vom Luftstrom erreicht. Damit wird nur ein geringer Teil der Aufnahmefähigkeit des Luftstromes genutzt. Bei Teilen mit Sacklöchern und Innengewinden reicht trockene Luft nicht zur Trocknung. Hier wird eine Trocknung nur über das Aufwärmen der Ware erreicht. In diesem Fall ist die einsetzbare Trocknungstemperatur und die Schnelligkeit des Aufwärmens der Ware entscheidend für die Trocknungszeit.

Energieeffiziente Trocknung am Beispiel eines Trommelrockners

Gerade in Lohngalvaniken muss ein Trommelrockner für eine große Bandbreite von unterschiedlicher Ware ausgelegt sein.

Es genügt daher nicht nur "trockene" Luft für die Trocknung zur Verfügung zu stellen. Dichte Warenpakete müssen öfter umgewälzt werden um mit der trockenen Luft an die Ware zu kommen. Wird die Ware zu stark umgewälzt können Beschädigungen auftreten. Aus Gründen der Warenschonung und weil sich viele Teile überhaupt nur über das Erwärmen trocknen lassen ist auch ein schnelles und effizientes Aufwärmen der Ware notwendig.

Die Verdunstungsenergie wird dabei nicht über den Luftstrom auf das Wasser gebracht, sondern über die aufgewärmte Ware.

Da für das Aufwärmen der Ware weit mehr Energie notwendig ist als für das Verdampfen von Wasser, ist eine optimale Energieausnutzung besonders wichtig. Bei einem durchschnittlichen Warengewicht von 100 kg müssen ca. 2 - 4 Liter Wasser verdampft werden.

Mit einer höheren Umlufttemperatur werden auch alle Bauteile des Trockners erwärmt. Damit diese Wärme nicht an die Umgebung abgegeben wird, sind eine gute Isolierung, kleine Abstrahlflächen und ein dichter Verschluss der Trommeleinsatzöffnung die wichtigsten Punkte, auf die Wert gelegt werden muss.

Weiterhin sollten möglichst nur die Trommel und die Ware erwärmt werden. Wird das komplette Trommelaggregat in den Trockner gesetzt und von der Luft umströmt, erfolgt auch eine Erwärmung von Bauteilen die für die Trocknung der Ware nicht notwendig sind. Da z. B. Stahlteile wie der Rahmen nicht unwesentliche Energiemengen aufnehmen, geht diese Energie dem Trocknungsprozess verloren.

Energie verbraucht der Trockner für die Heizung, die Umwälzung der Luft und die Trocknung der Luft.

Heizung:

Als Energieträger für die Heizung von Trocknern steht Strom, Dampf, Heißwasser oder Thermoöl zur Verfügung. Da diese Energieträger unterschiedliche Betriebskosten erzeugen, sollte bei der Auswahl eines Trocknersystems auch die Einsetzbarkeit des wirtschaftlichsten Energieträgers berücksichtigt werden.

Vorgegebene Betriebstemperaturen sollten von der Regelung mit geringen Schwankungen eingehalten werden können. Das verkürzt die Trocknungszeiten und den Energieverbrauch. Die Betriebstemperatur hat Einfluss auf die Trocknungszeit. Da die Trocknungszeit von der Taktzeit der Anlage vorgegeben wird, erzeugt eine zu hohe Betriebstemperatur einen Energieverlust durch unnötiges Aufwärmen der Ware.

Umwälzung der Luft:

Über die umgewälzte Luft wird das Wasser von der Ware gezogen und die Energie auf das Wasser und die Ware übertragen.

In der ersten Phase der Trocknung müssen deshalb große Luftmengen umgewälzt werden. Nach Erreichen der Betriebstemperatur kann die Leistung der Ventilatoren zurückgefahren und damit Energie gespart werden. Beim Austausch der Trommelaggregate ist nur ein geringer Luftstrom notwendig. Hier kann die Ventilatorleistung noch einmal reduziert werden.

Trocknung der Luft:

Um die Wasseraufnahmefähigkeit der Umluft zu erhalten, muss ein Teilstrom der Umluft entzogen und entweder getrocknet oder durch trockenere Luft ausgetauscht werden.

Der Erhalt der Wasseraufnahmefähigkeit der Umluft kann zu einem enormen Energieverlust führen. Deshalb sollten Systeme eingesetzt werden, die dieses vermeiden. Da aber auch diese Systeme einen Wirkungsgrad haben und Luft transportieren und damit Energie verbrauchen, sollten diese Systeme regelbar sein und nur solange wie notwendig arbeiten.

Ein normaler Trocknungsprozess in der Trommel dauert etwa 6 - 10 Minuten. Nach ca. 2 Minuten wird der Maximalwert der relativen Luftfeuchtigkeit in der Umluft erreicht. Danach erfolgt ein kontinuierlicher Abfall. Nach ca. 3 Minuten kann der abgeführte Teilstrom reduziert werden. Nach Erreichen der Betriebstemperatur ist meist ein Trocknen der Umluft nicht mehr notwendig. Um einen optimalen Energiespareffekt zu erreichen, kann die Regelung der Teilstrommenge über die Messung der relativen Feuchtigkeit im Abluftstrom erfolgen.

Ein Umlufttrockner der diese Anforderungen erfüllen kann ist der GALVADRY der Firma Tscherswitschke.

GALVADRY – Der neue HIGH-TECH Umlufttrommelrockner



Aus der Erfahrung von mehreren hundert Trommeltrocknern, die wir erfolgreich auf dem Markt verkaufen konnten, haben wir einen Trommeltrockner entwickelt, der neue Maßstäbe setzt. Der Energieverbrauch und die Trocknungszeit kann gegenüber unseren herkömmlichen Trocknern um bis zu 50% reduziert werden.

Wie haben wir das geschafft?

Schon in unseren bewährten Trocknern wurde die Umluftführung so gestaltet, dass die erwärmte Luft über der Trommel austritt und durch den Unterdruck, der unter der Trommel durch Ventilatoren erzeugt wird, von oben nach unten durch den Trommelkörper gezogen wird. Die Luftführung unterstützt dadurch den natürlichen Fallweg der Flüssigkeitstropfen. Wir setzten jetzt ein komplett anderes System der Luftführung durch und um die Trommel ein. Dieses ermöglicht uns mit einer weit höheren Luftmenge und größerem Unterdruck zu fahren.

Durch diese Maßnahme können wir in Abhängigkeit von der Ware ca. 60% – 80% der an der Trommel und der Ware anhaftenden Flüssigkeit absaugen und aus dem Trockner führen. Besonders die Entwässerung der Perforation und der Spalte im Trommeldeckelauflegebereich konnte entscheidend verbessert werden.

Damit ist ein Großteil der Flüssigkeit schon nach einer Minute aus dem Trockner abgezogen ohne Einsatz von Wärme.

Durch das neue Luftführungssystem ist eine Positionierung der Trommel im Trockner nicht mehr notwendig. Die Luftführung durch und um die Trommel erfolgt in jeder Stellung der Trommel gleichmäßig. Eine Unterbrechung des Trocknungsprozesses beim Weiterdrehen der Trommel erfolgt nicht mehr. Die Pausen- und Drehzeiten sind über die SPS einstellbar. Da zum Ende der Trocknung die Ware weniger bewegt werden sollte und muss, kann eine Erhöhung der Pausenzeiten vorgegeben werden. Dadurch wird eine besonders schonende Trocknung der Ware erreicht.

Weiterhin kann die Ausstattung der Trommelantriebsmotoren mit einer Bremse, wenn sie nur für den Trockner erforderlich war, eingespart werden.

Das neue Luftführungssystem verwendet keine verschleiß- und wartungsintensiven Bauteile wie z.B. Kunststoffbürsten. Es gewährleistet dadurch gleichbleibende Bedingungen, die die Trocknungsleistungen und den Energieverbrauch konstant halten.

Durch die erhöhte Luftmenge wird die Verdampfungsenergie schneller auf die Ware übertragen. Der erhöhte Unterdruck setzt den Energiebedarf für die Trocknung herab und beschleunigt die Trocknung.

Weiterhin haben wir das Trocknungssystem um die Trommel geschlossen und mit einer noch besseren Isolation versehen. Somit geht nur noch ein geringer Teil der Energie durch Abstrahlung verloren.

Um die hohen Einsparungsmaßnahmen zu erreichen, waren noch weitere Verbesserungen notwendig.

Die notwendige Luftentfeuchtung erfolgt auch weiterhin, indem wir einen Teilstrom aus dem Trockner entnehmen und durch Frischluft ersetzen.

Mit dem abgeführten Teilstrom wurde früher ca. 20 % - 25 % der Energie aus dem Trockner in die Umgebung abgegeben und ging damit verloren.

Bei unserem neuen Trockner erwärmen wir die Frischluft mit der Abluft über einen Wärmetauscher. Außerdem wird der Feuchtegrad der Abluft gemessen. Fällt dieser unter einen eingestellten Wert wird die Abluftmenge automatisch gedrosselt bzw. die Abluftklappe geschlossen.

Durch die Erwärmung der Frischluft mit der Abluft wird die Betriebstemperatur des Trockners schneller erreicht, was wiederum die Trocknungszeit verkürzt.

Um den gewünschten Warendurchsatz durch eine Behandlungsanlage zu bekommen, ist es notwendig, die Taktzeiten der Anlage einzuhalten. In diese Taktzeit muss auch der Trockner passen. Ist die Trocknungszeit höher, sind oft mehrere Trockner notwendig, was den Investitionsbedarf beeinflusst.

Die Trocknungszeit hängt von der Schnelligkeit der Energieübertragung ab, die notwendig ist, um die Feuchtigkeit, die sich im System Trommel – Ware befindet, zu verdampfen. Die Energieübertragung erfolgt über die Umluft, so dass die Luftmenge und die Temperatur der Luft die wesentlichen Faktoren für die Energieübertragung und somit für die Trocknungszeit sind. Bei Teilen mit Sacklöchern oder Hinterschneidungen ist es nicht immer möglich, über die Luft an die Feuchtigkeit zu kommen. In diesen Fällen erfolgt die Verdampfung der Flüssigkeit nur über die Erwärmung der Teile. Dieses bedeutet einen zusätzlichen Energiebedarf, der über die Umluft eingebracht werden muss.

Um den Trockner an die unterschiedlichen und wechselnden Anforderungen anzupassen, sind die Luftmenge sowie die Temperatur regelbar. Der Temperaturregelbereich ist von 30°C – 90°C einstellbar. Die Temperaturobergrenze wird von der thermischen Belastbarkeit der Trommel und der Ware bestimmt. Bei Stahltrommeln (z.B. Beiz- und Phosphatieranlagen) ist auch eine höhere Temperatur möglich. Damit ist die Trocknungszeit immer auf ein Minimum zu reduzieren. Über die SPS – Steuerung wird der Energieverbrauch optimiert und passt sich somit selbstständig an das Warenspektrum an.

Ein weiterer Vorteil unserer neuen Technik ist die Nachrüstbarkeit bei älteren Trocknern.

Die Beheizung des Trockners erfolgt über Wärmetauscher vorzugsweise mittels elektrischer Energie. Die Beheizung mit Heißwasser, Dampf oder Thermo- Öl ist aber weiterhin möglich.

Zum Schluss möchte ich noch kurz auf die Einflussfaktoren der Galvanisiertrommel bei der Trommeltrocknung kommen.

Neben der Flüssigkeit, die an der Ware haftet, muss auch die Flüssigkeit, die an der Galvanisiertrommel haftet, getrocknet werden.

Einfluss auf die Flüssigkeitsmenge, die an der Trommel haftet, haben die benetzbare Oberfläche, Spalte (besonders bei geschraubten, gesteckten und drahtgeschweißten Trommeln) und der Bohrungsdurchmesser der Perforation.

Für den Luftdurchgang durch die Trommel und damit für den Wärmeaustausch ist die freie Fläche und damit die Perforation verantwortlich. Der Perforationsdurchmesser wird vom Warenspektrum bestimmt. Deshalb ist es nur möglich die Optimierung über die „freie Fläche“, also die Anzahl der Perforationsbohrungen der Trommel, durchzuführen.

Gerade bei kleinen Perforationen kann sich über die Zeit durch den Abrieb in der Trommel die Perforation „zuschmieren“. Das Trommelmaterial ist deshalb ein wichtiger Einflussfaktor, diesen Effekt zu verhindern, oder möglichst lange zu verzögern.

Für den Einsatz in Trommeltrocknern empfehlen wir nur stumpfgeschweißte Trommeln zu verwenden. Nur solche Trommel gewährleisten einen spaltfreien Trommelkörper. Spalte in Trommeln, die sich im Besonderen bei geschraubten, gesteckten und drahtgeschweißten Konstruktionen des Trommelkörpers ergeben, halten die Flüssigkeit und können nach dem Trocknungsvorgang die Ware wieder benetzen und damit beschädigen. Die Beseitigung der Feuchtigkeit aus den Spalten kann nur über die Aufwärmung der Trommel erfolgen. Da Kunststoff aber ein schlechter Wärmeleiter ist, beansprucht dieses viel Zeit.

Energetische Optimierung einer Eloxalanlage mit Hilfe von Warmwasserspeichern

Dipl.-Ing. Dieter Köhler, enwikon GmbH, München

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Vorgehensweise sowie ausgewählten Ergebnissen eines im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW geförderten Demonstrationsvorhabens zur Energetischen Optimierung und Einbindung einer Eloxalanlage in einen Betrieb der Metallverarbeitung. Dabei wird insbesondere auf die Bedeutung zweier Warmwasserspeicher für das Gesamtkonzept eingegangen.

1 Ausgangssituation

Zur Erweiterung der Produktionskapazität plante die Firma FSB in Brakel den Neubau einer Eloxalanlage. Hauptziel der im Zusammenhang mit diesem Neubau durchgeführten umwelt- und energietechnischen Analysen war die Reduktion der Produktionskosten, um die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zu verbessern. Dass sich die Ziele des Umweltschutzes mit denen einer auf Wettbewerbsfähigkeit gerichteten Unternehmensführung vereinbaren lassen, konnte im hier vorgestellten Projekt bewiesen werden.

2 Vorgehensweise

Um die benötigten Rahmendaten für eine energetische Optimierung der geplanten Anlage zu ermitteln, wurde im Vorfeld für die bereits bestehende Anlage eine energetische Betriebsanalyse durchgeführt. Hierbei wurden die eingesetzten Energieträger, die entsprechenden Versorgungsanlagen, der Produktionsablauf und die wesentlichen Energieverbraucher betrachtet.

In einem zweiten Schritt wurden die gewonnen Erkenntnisse in ein von der FfE entwickeltes Simulationstool eingearbeitet. Mit diesem Tool wurde anschließend der Energieverbrauch der geplanten Anlage sowohl im nicht optimierten Fall als auch mit einer Reihe von Verbesserungsmaßnahmen berechnet und so ein theoretisches Einsparpotenzial von rund 70 % des nicht optimierten Bedarfs ermittelt.

Basierend auf diesen Vorarbeiten wurde die Förderung eines Demonstrationsvorhabens genehmigt, das die Vorplanung der neuen Eloxalanlage begleiten sollte. Durch die Zusammenarbeit von Anlagenbauer und Energieberater sollte u.a. die Praxistauglichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen, aber auch die Umsetzung der Erkenntnisse in möglichen Folgeprojekten sichergestellt werden. Einige Ergebnisse dieses Projekts werden im folgenden vorgestellt.

3 Simulationstool für Eloxalanlagen

Ausgangspunkt für alle Betrachtungen, die im Laufe des Projekts angestellt wurden, war die detaillierte Kenntnis der für die Beheizung und Kühlung der Prozessbäder und anderer Anlagenkomponenten notwendigen Wärme- und Kälteleistungen bzw. der entsprechenden Energieaufwendungen. Das eigens für dieses Projekt entwickelte Simulationsprogramm enthält für alle Anlagenkomponenten typische Lastgänge in Form von 5-Minuten-Werten. Mit Hilfe dieses Modells können folgende Fragen geklärt werden:

- Wie groß sind die für einen sicheren Betrieb der Anlage und einzelner Anlagenteile notwendigen Wärme- und Kälteleistungen zu einem beliebigen Zeitpunkt bei Berücksichtigung verschiedenen Rahmenbedingungen wie z.B. Außentemperatur oder Produktspektrum? Diese Frage dient unter anderem der richtigen Dimensionierung von Anlagenkomponenten (z.B. Wärmetauschern).
- Wie groß sind die in einem bestimmten Zeitraum (z.B. Tag) benötigten Wärme- und Kältemengen bzw. die anfallenden Abwärmemengen und auf welchen Temperaturniveaus wird die Wärme/Kälte benötigt? Mit den Antworten auf diese Fragen können Möglichkeiten der Abwärmennutzung ermittelt und Aussagen über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Maßnahmen getroffen werden.

Die oben genannten Lastgänge beruhen wegen des Pilotcharakters des Projektes nur zum Teil auf Messungen (z.B. der Kompressoren). Ein großer Teil der Lastgänge musste aus theoretischen Grundlagen und eigenen Vorgaben synthetisiert werden.

Für die Eloxalbäder wurde zu diesem Zweck ein Modell entwickelt, das alle relevanten Energieein- und Energieausträge (siehe **Bild 1**) berücksichtigt.

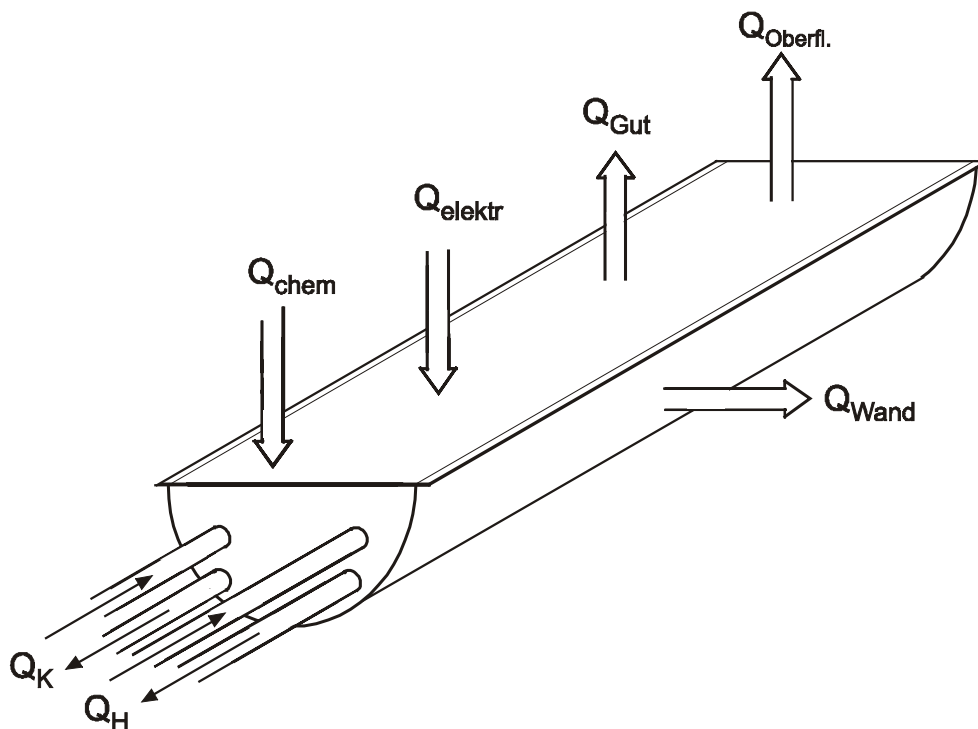


Bild 1: **Energieströme eines Prozessbades**

Im einzelnen wurden berücksichtigt:

- Q_K : Die dem Bad durch aktive Kühlung entzogene Energie
- Q_H : Die dem Bad durch Beheizung zugeführte Energie
- Q_{chem} : Die dem Bad durch exotherme chemische Reaktionen zugeführte Energie
- Q_{elektr} : Die den Prozessbädern in Form von Gleichstrom zugeführte Energie
- Q_{Gut} : Die dem Bad durch Eintauchen von kaltem Gut entzogene Energie
- $Q_{Oberfl.}$: Die dem Bad durch Verdunstung, Konvektion und Strahlung entzogene Energie
- Q_{Wand} : Die dem Bad durch Wärmeverluste durch die Behälterwand (Transmission) entzogene Energie

Bild 2 zeigt exemplarisch den Lastgang von Heiz- und Kühlleistung für ein Bad sowie die Badtemperatur.

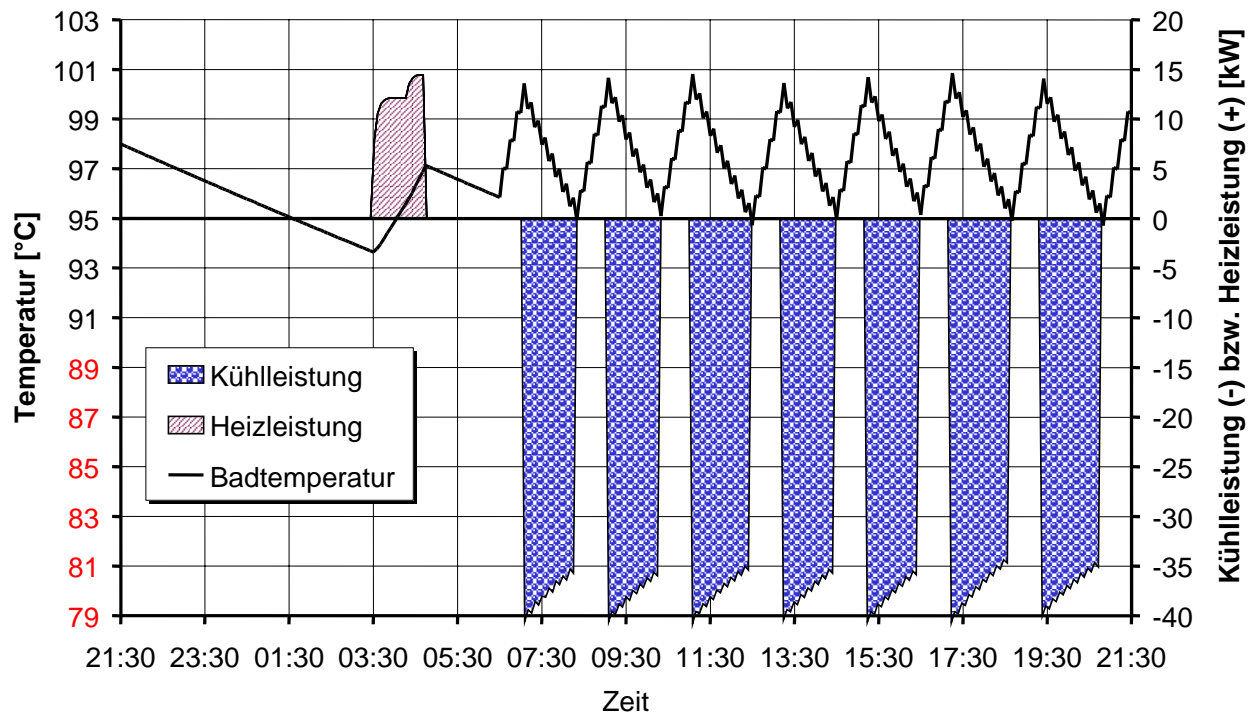


Bild 2: Lastgang von Kühl- und Heizleistung (graue Flächen) bzw. Temperatur (durchgezogene Linie) eines Glänzbades

Wegen des Anlagenstillstands beträgt die Badtemperatur zu Beginn der Aufheizphase um 3:30 Uhr nur rund 94 °C. Durch Wärmezufuhr von außen wird die Badtemperatur auf Betriebstemperatur angehoben. Die steilen Temperaturanstiege während der Betriebsphase sind bedingt durch die beim Glänzprozess freiwerdende Bindungsenergie. Steigt die Badtemperatur über 100 °C, so muss das Bad aktiv gekühlt werden. Aus dem Bild ist zu erkennen, dass bei regelmäßiger Benutzung des Bades während der Betriebsphasen keine Wärmezufuhr von außen erfolgt.

Das Berechnungsmodell ermöglicht die Berücksichtigung von Temperatur, Wärmebedarf, Abwärmemenge und Kühl- bzw. Heizleistungen der einzelnen Behandlungsschritte. Dadurch können energieoptimierte Lösungen gefunden und die aus diesen Lösungen resultierenden Einsparungen quantifiziert werden.

4 Optimierungsprozess

4.1 Prognose des nicht-optimierten Zustands

Durch Verknüpfung der einzelnen Bäder wurde, zusammen mit dem Heizwärmebedarf der Produktionshalle, zunächst der in Bild 3 schematisch dargestellte Wärme- und Kältebedarf für eine Anlage ohne Wärmerückgewinnung ermittelt. Die von der Fa. STOHRER konzipierte Abdeckung der Bäder wurde, wegen ihrer erwiesenen Wirtschaftlichkeit, bereits hier berücksichtigt.

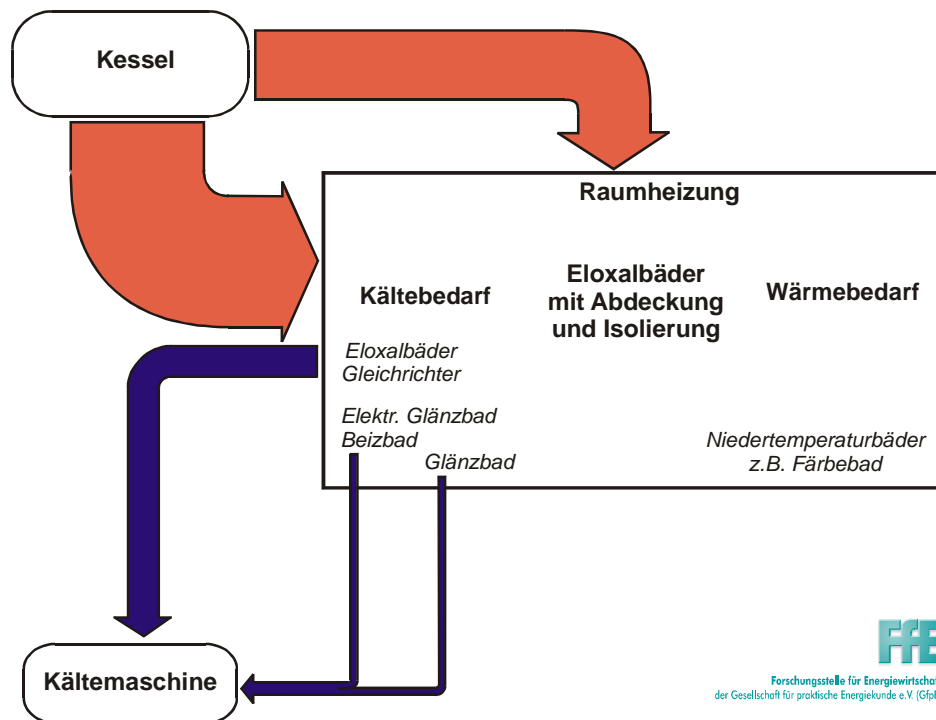


Bild 3: Schema der Wärmeeflüsse der nicht-optimierten Eloxalanlage

Daraufhin wurden verschiedene Möglichkeiten der Energieverbrauchsminderung sowie der Abwärmenutzung auf ihre technische Realisierbarkeit sowie ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Wesentliches Ergebnis der Simulation war, dass die Abwärmenutzung wegen

- der zeitlichen Abweichung zwischen Abwärmefall und Wärmebedarf und
- der verschiedenen Temperaturniveaus der Anlagenkomponenten

nur mit Hilfe von zwei Pufferspeichern sinnvoll möglich ist. Für die weiteren Planungen wurde daher von einem Speicher mit maximal 70 C, der u.a. zur Beheizung der Niedertemperaturbäder verwendet wird, und einem zweiten Speicher mit maximal 55 C, der im wesentlichen zur Unterstützung der Raumheizung eingesetzt wird, ausgegangen.

Im folgenden werden verschiedene dieser Maßnahmen im Hinblick auf das Speicherkonzept detailliert vorgestellt.

4.2 Kompressorenabwärme

Der Druckluftbedarf für die verschiedenen Werkteile wird zentral von vier Schraubenkompressoren gedeckt. In einer vom örtlichen Energieversorger durchgeführten Studie wurde festgestellt, dass durch Nutzung der Kompressorenabwärme eine maximale Wärmeleistung von 61 kW auf einem Temperaturniveau von maximal 70 °C bereitgestellt werden kann. Diese Leistung steht rund 20 h pro Tag zur Verfügung.

Um diese Abwärme zu nutzen, muss ein Öl-Wasser-Wärmetauscher bei den Kompressoren installiert und eine Rohrleitung zum rund 200 m entfernt gelegenen Speicher errichtet werden. Auf dieser Leitung ist mit Wärmeverlusten in Höhe von rund 5 kW zu rechnen. Bild 4 zeigt das vorgeschlagene Schema für die Abwärmenutzung.

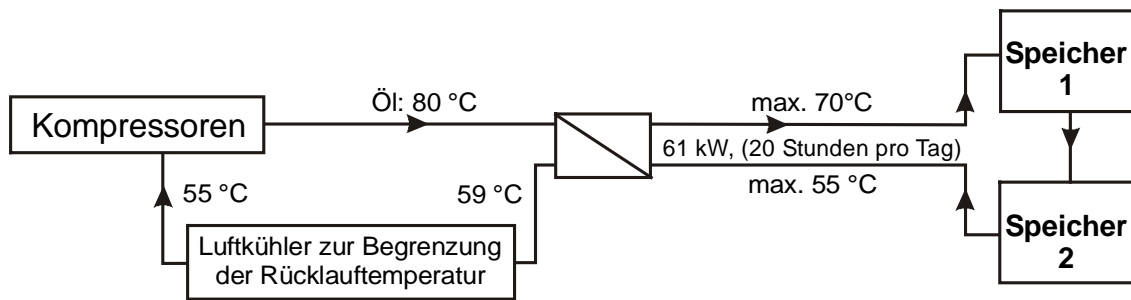


Bild 4: Schematische Darstellung für die Abwärmerückgewinnung der Kompressoren

Um den Betrieb der Kompressoren sicherzustellen, muss das Kompressorenöl von 80 °C auf 55 °C abgekühlt werden. Dies garantieren unabhängig vom Zustand der Abwärmenutzungskomponenten die bereits vorhandenen Luftkühler der einzelnen Kompressoren.

Das Wasser für die Kühlung der Kompressoren wird aus Speicher 2 entnommen. Im Wärmetauscher erwärmt sich dieses Wasser auf rund 70 °C und gelangt dann in Speicher 1. Ein Überlauf von einem in den anderen Speicher sorgt für den Niveauegleich.

Dieses Konzept bietet folgende Vorteile gegenüber dem Anschluss der Kompressoren an nur einen Speicher:

- Durch die nach oben begrenzte Temperatur von Speicher 2 ist die Rückkühlung des Kompressorenöls im Wärmetauscher der Abwärmerückgewinnung weitgehend sichergestellt. Rund 85 % der im Öl enthaltenen Wärme können genutzt werden.
- Ein Teil der Abwärme kann in Speicher 1, und damit ganzjährig, genutzt werden, da dieser Speicher zur Beheizung von Prozessbädern dient.
- Die Wärmemenge, die durch den Überlauf von Speicher 1 in Speicher 2 gelangt, kann während der Heizperiode für die Raumheizung genutzt werden.

Die Bedeutung der Kompressorenabwärme für das Gesamtkonzept soll anhand von Bild 5, welches die Speichertemperatur für einen typischen Arbeitstag mit und ohne Kompressorenabwärme zeigt, dargelegt werden.

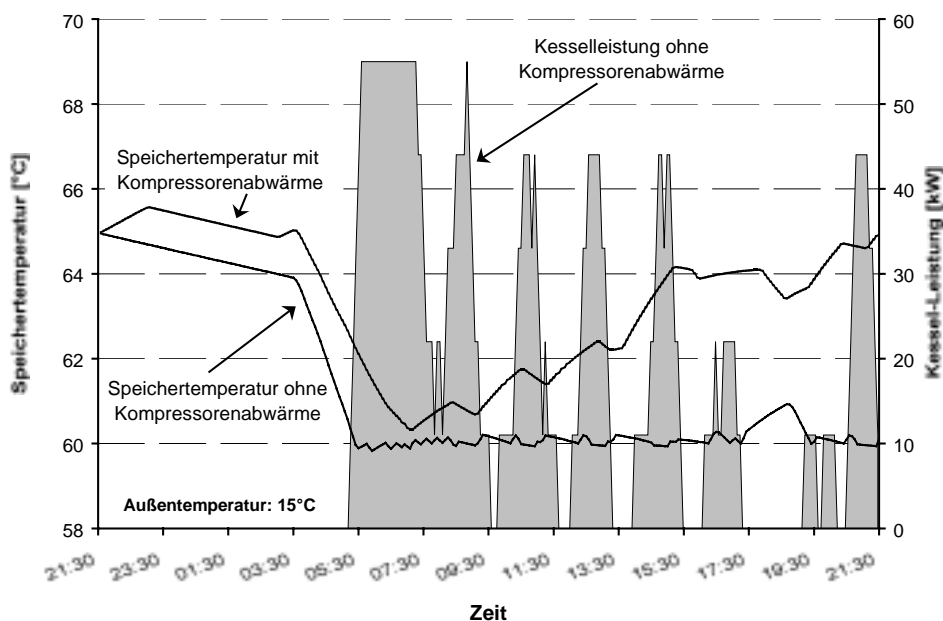


Bild 5: Temperatur von Speicher 1 mit und ohne Kompressorenabwärme

Ausgehend von einem Speicher mit einer Temperatur von 65°C zeigt sich ohne Kompressorenabwärme ein Rückgang der Temperatur – entsprechend einem Entladen des Speichers - bis ca. 4:00 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt müssen die Niedertemperaturbäder auf Betriebstemperatur gebracht werden, was zu erheblichem Wärmebedarf – zu erkennen an der stark absinkenden Speichertemperatur - führt. Ab 5:30 Uhr muss der Kessel diesen Wärmebedarf decken, da die Speichertemperatur nicht weiter abgesenkt werden darf. Im Gegensatz dazu geht bei vorhandener Nutzung der Kompressorenabwärme die Temperatur nicht auf 60°C zurück, so dass stets eine gewisse „Leistungsreserve“ im Speicher verbleibt. Ohne Kompressorenabwärme muss der Speicher regelmäßig vom Kessel beheizt werden und befindet sich daher am Ende des Tages auf der durch den Kessel sichergestellten minimalen Temperatur von rund 60°C. Mit Nutzung der Kompressorenabwärme ist kein zusätzlicher Wärmeeintrag aus dem Kessel notwendig, da sich Wärmegewinne und Wärmebedarf weitgehend ausgleichen. Am Ende des Tages ist Speicher 1 wieder „aufgeladen“. Die wesentlichen technischen und wirtschaftlichen Daten des Systems zur Rückgewinnung der Kompressorenabwärme sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Tabelle 1: Daten des Wärmerückgewinnungssystems für die Kompressoren

Auslegungsleistung	61 kW
Öltemperaturen	80/59 °C
Wassertemperaturen	55/70 °C
Kosten der Wärmetauscher im Kompressorenraum incl. Montage	17.500 DM
Kosten für Rohrleitungen und Anbindung an Speicher 1	25.000 DM
Gesamtkosten	42.500 DM
Nutzbare Abwärmemenge pro Jahr	244 MWh/a
Eingesparte Energiekosten pro Jahr	12.200 DM/a
Amortisationszeit (Zinssatz: 7%)	4,1 Jahre

Die nutzbare Wärmemenge von rund 244 MWh/a entspricht bei Wärmegestehungskosten von 50 DM/MWh einer jährlichen Einsparung von 12.200 DM. Die Investition für die Wärmerückgewinnung amortisiert sich demnach in rund 4 Jahren. Dieser vergleichsweise hohen Amortisationszeit steht die Bedeutung der Kompressorenabwärme als externe, d.h. vom Betrieb der Eloxalanlage unabhängige Wärmequelle, entgegen, die letztendlich die Durchführung dieser Maßnahme rechtfertigt.

4.3 Kühlung eines Glänzbades

Im Prozessbad „Elektrolytisches Glänzen“ wird die Ware bei rund 70°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) zwischen 30 Sekunden und 15 Minuten in einem Gemisch aus Phosphor- und Schwefelsäure behandelt. Dieser Prozessschritt wird bei nur 5 bis 10 % aller Programme benötigt. Für die Berechnung der Abwärmemengen wurde daher mit einer mittleren Benutzungsdauer dieses Bades von rund 5 Minuten pro Betriebsstunde gerechnet; für die Dimensionierung der Kühlleistung musste eine Belegung des Bades über längere Zeiträume betrachtet werden.

Die in diesem Bad eingesetzte elektrische Energie (ca. 200 kW) wird beinahe vollständig in Wärme umgewandelt. Außerdem entsteht durch chemische Reaktionen Prozesswärme mit einer durchschnittlichen Leistung von rund 13 kW. Die Oberflächenverluste der Bäder sind deutlich kleiner als

die Einträge durch Prozesswärme und elektrische Energie, daher muss eine Kühlmöglichkeit vorgesehen werden. Eine Abschätzung der abzuführenden Wärmemenge ergab eine tägliche Abwärmemenge von rund 210 kWh bzw. eine jährliche Abwärmemenge von rund 48 MWh.

Wird, wie ursprünglich geplant, die Kühlung dieses Bades mit Hilfe einer Kältemaschine durchgeführt, so müssen rund 210 kW zusätzliche Kälteleistung vorgesehen werden. Die Energiekosten in Höhe von rund 1.600 DM/a (2.600 DM für elektrische Energie abzüglich einer Gutschrift von 1.000 DM für die Nutzung der Kältemaschinen-Abwärme) sind wegen der geringen Benutzungshäufigkeit dieses Bades eher gering. Bei Kosten von ca. 500 DM/kW Kältemaschinenleistung entstehen jedoch Investitionskosten von rund 105.500 DM.

Daher wurde beschlossen, auch dieses Bad über einen Wärmetauscher nach **Bild 6** an den Pufferspeicher anzuschließen. **Tabelle 2** enthält technische Daten dieses Wärmetauschers.

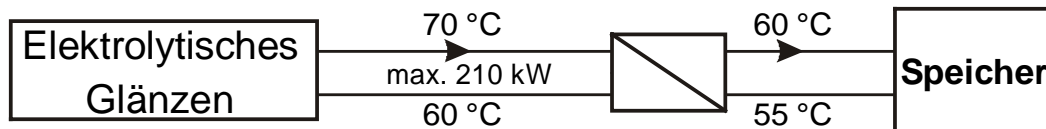


Bild 6: Rückkühlung des Bades „Elektrolytisches Glänzen“ über den Speicher

Tabelle 2: Auslegungsdaten für die Kühlung des Bades „Elektrolytisches Glänzen“

Auslegungsleistung der Wärmetauscher [kW]	210 kW
Temperaturpaarung warme Seite (vom / zum Bad) [°C]	70 / 60
Temperaturpaarung kalte Seite (vom / zum Pufferspeicher) [°C]	55 / 60

Von den 48 MWh Abwärme können ca. 30 MWh für die Raumheizung genutzt und damit die Energiekosten um rund 1.500 DM pro Jahr gesenkt werden. Zusammen mit der Gutschrift von 1.600 DM, die die Kühlung mittels Kältemaschine kosten würde, ergibt sich eine jährliche Einsparung von rund 3.100 DM. Die Mehrkosten für die aufgrund der höheren Kühlmitteltemperatur notwendige Vergrößerung des Wärmetauschers amortisieren sich damit in weniger als zwei Jahren.

4.4 Gesamtkonzept

Neben den detailliert vorgestellten Maßnahmen wurde eine Reihe weiterer Optimierungsmöglichkeiten untersucht. Die Ergebnisse sind im Folgenden kurz zusammengefasst. Die Angaben in Klammern zeigen, welche Maßnahmen in das endgültige Konzept übernommen wurden (+) bzw. welche Maßnahmen aus technischen (t-) oder wirtschaftlichen Kriterien (w-) abgelehnt wurden.

- Abdeckung der Prozessbäder (+)
- Optimierung der Kesselregelung (+)
- Absenkung der Kesselvorlauftemperatur (t-)
- Einsatz eines Economisers zur Rücklaufvorwärmung mit Abgas (+)
- Optimierung der Druckluftversorgung incl. Abwärmenutzung (+)
- Nutzung der Abwärme der Gleichrichter (t-)

- Substitution von Kältemaschinenleistung durch Freikühler (+)
- Nutzung von Abwärme für die Raumheizung (+)
- Nutzung der in der Abluft enthaltenen Energie (t-)
- Nutzung von Abwärme für die Eindampfungsanlage (t-)
- Nutzung der Kältemaschinenabwärme (+) bzw.
- Vorkühlung des Kältemaschinenrücklaufs (w-) durch einen Freikühler
- Optimierung der Beleuchtungsanlage (+)

In **Bild 7** sind die Wärmeströme in der optimierten Anlage dargestellt. Die zentrale Rolle der Pufferspeicher mit den zwei verschiedenen Temperaturniveaus wird in diesem Bild deutlich.

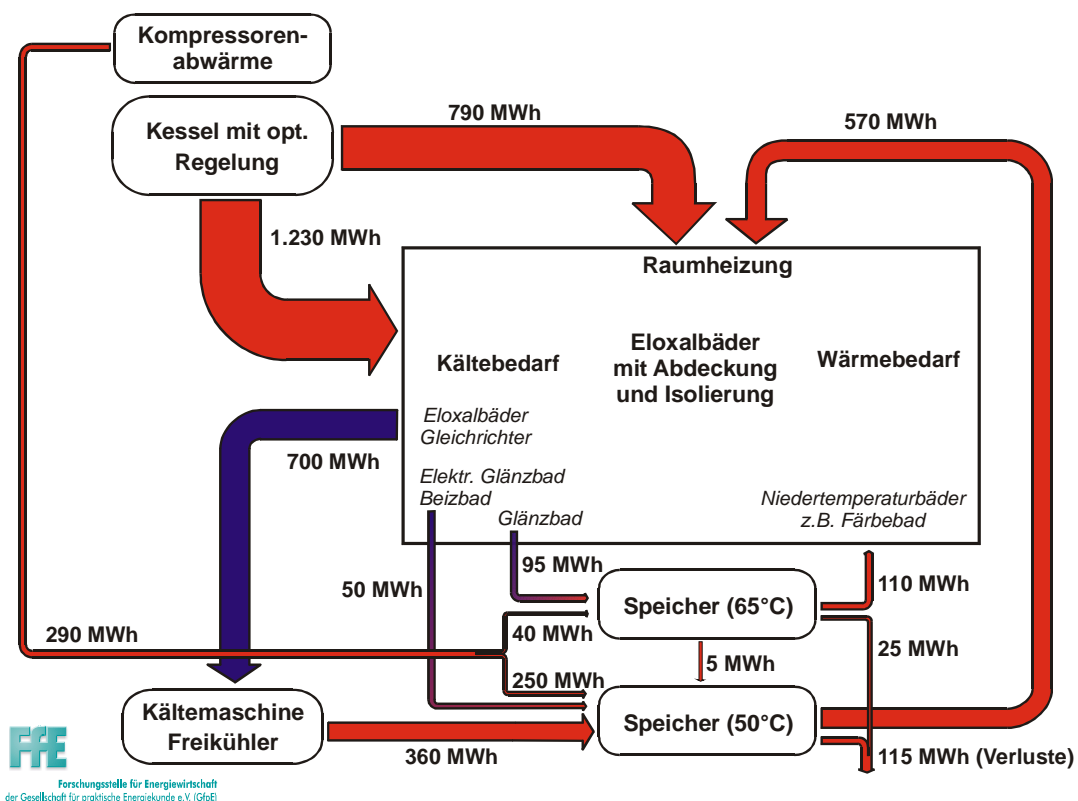


Bild 7: Jährliche Wärmeflüsse der optimierten Eloxalanlage

5 Wirtschaftlichkeit

Durch die Abwärmenutzung bzw. die eingesparte Kühlleistung können jährlich rund 680 MWh Wärme bzw. 80 MWh elektrische Energie für Kühlzwecke eingespart werden. Zusammen ergibt sich somit eine jährliche Energiekostenreduktion von rund 42.000 DM gegenüber der nicht-optimierten Lösung. Die Amortisationszeit beträgt bei Mehrkosten von rund 182.500 DM gegenüber einer Anlage ohne Maßnahmen zur Energieoptimierung ca. 5 Jahre. Für eine Optimierung des Energieverbrauchs sprechen also neben ökologischen Gesichtspunkten nicht zuletzt wirtschaftliche Vorteile.

6 Fazit

Der Forderung nach rationeller Energienutzung kann und will sich heute grundsätzlich niemand verschließen. Wie dieses Ziel durch Zusammenarbeit aller an der Anlagenplanung beteiligten Firmen erreicht werden kann, hat dieses Modellprojekt gezeigt. Daneben gibt es jedoch weitere Gründe, die für den Einbezug der Energieoptimierung in die Anlagenplanung sprechen.

Für den Anlagenbetreiber:

- Senkung der durch den Energieeinsatz verursachten Betriebskosten und Nutzen der meist vorhandenen Kopplung zwischen rationellem Energieeinsatz und höherer Produktivität.
- Erfüllung der Anforderungen, wie sie in emissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren zur Errichtung, Betrieb oder Veränderung genehmigungsbedürftiger Anlagen gestellt werden.
- Freiwillige Selbstverpflichtung der Wirtschaft zur Klimavorsorge durch Senkung des spezifischen Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen.
- Aufwertung des Betriebsimages und damit Verbesserung der Wettbewerbs-Chancen im Kontext mit der national und international steigenden Bedeutung der Klimavorsorge.
- Vorbeugung im Hinblick auf langfristig nicht auszuschließende ordnungs-rechtliche Ansätze oder steuerliche Maßnahmen.

Für den Anlagenhersteller:

- Weiterentwicklung der Anlagentechnik im Hinblick auf geringeren Energieverbrauch.
- Vermeidung von Überdimensionierung und damit höhere Wettbewerbsfähigkeit.

Für den Energieversorger:

- Optimale Kenntnis der Kunden-Anforderungen an die Energieversorgung
- Möglichkeit frühzeitig Entwicklungen des Energieverbrauch seines Kunden zu erkennen.
- Erweiterung des Produktspektrums (Energie-Dienstleistung)

Für den unabhängigen Energieberater:

- Im Vergleich zur Nachrüstung / Verbesserung von bestehenden Anlagen wesentlich bessere Möglichkeiten zur Optimierung
- Erweiterte Einblicke in Anlagenplanung und Verfahrenstechnik

Auslegung von Abluftanlagen und Maßnahmen zur Reduzierung von Abluftmengen

Dipl.-Ing. (FH) Rudolf Kreisel, Fachverband Oberflächentechnik e.V., Nürnberg

Warum Absaugung?

In galvanischen Prozessen freiwerdende Stoffe:

- **Wasserdampf**

Heißentfetten, Heißspülen, Verdichten

- **Säuredämpfe**

HCL-, H₂SO₄-, HNO₃-, H₃PO₄- und Misch-Beizen

- **Aerosole**

El. Entfetten, Metallelektrolyte mit $\eta_{el} < 1$,
Elektrolyte mit Lufteinblasung

26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

1

Warum Absaugung?

- Einhaltung der Luftgrenzwerte von in galvanischen Prozessen freiwerdenden Gefahrstoffen zum Schutz des Bedienungspersonals am Arbeitsplatz.
 - Schutz des Gebäudes und der Anlagen vor Korrosion durch freiwerdende Gefahrstoffe und Wasserdampf.
-

26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

2

Warum Absaugung?

Gefahrstoff	Luftgrenzwert mg/m ³
Chlorwasserstoff	8
Chrom-VI-Verbindungen	0.05
Cyanide (als CN berechnet)	5E
Cyanwasserstoff	11
Essigsäure	25
Fluoride (als Fluor berechnet)	2,5 E
Fluorwasserstoff	2,5

26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

3

Warum Absaugung?

Gefahrstoff	Luftgrenzwert mg/m ³
Fluoride und Fluorwasserstoff	2,5
Natriumhydroxid	2 E
Nickel (atembare Tröpfchen)	0,05
Phosphorsäure	1
Salpetersäure	5,2
Schwefelsäure	1 E
Beabsichtigte Absenkung	0,1

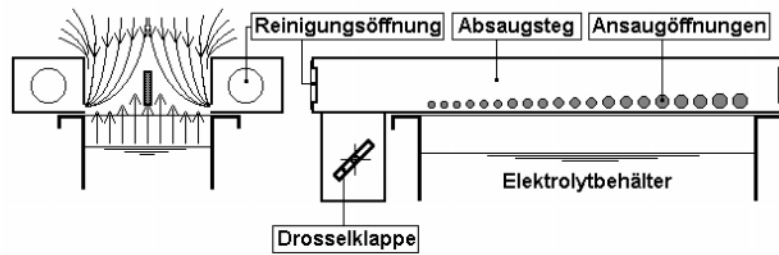
26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

4

Auslegung von Abluftanlagen

Erfassung von Gefahrstoffen am Entstehungsort

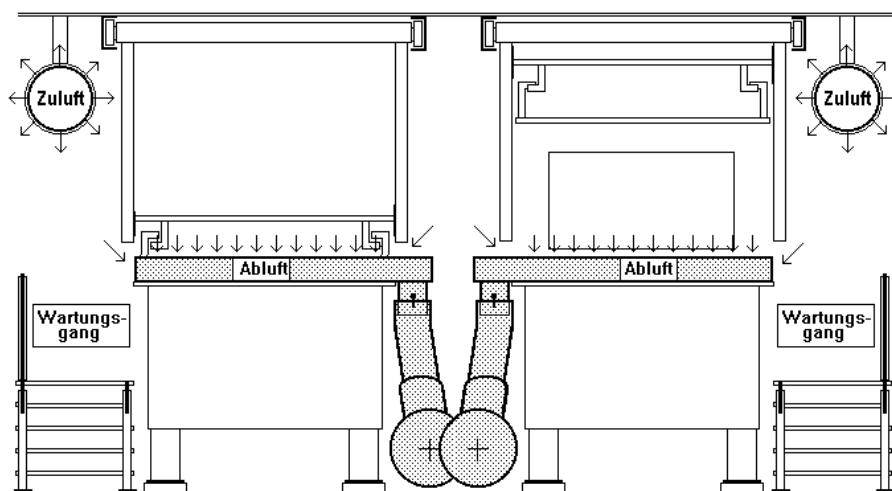


26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

5

Wechselwirkung Zu- und Abluft



26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

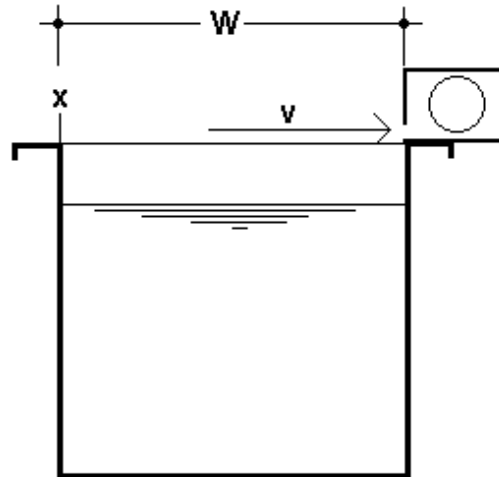
6

Berechnung der Abluftmenge

Einseitige Absaugung

$$V = 2 v_x L W (W/L)^{0,2}$$

V	Volumenstrom	m ³ /s
v_x	Luftgeschwindigkeit an der Stelle „x“	m/s
L	Absaugsteglänge	m
W	Behälterbreite	m



26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

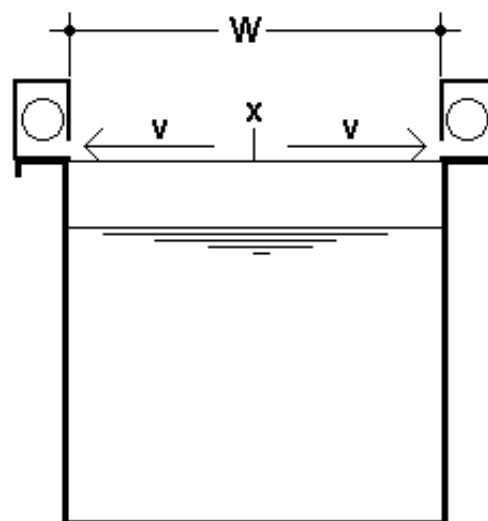
7

Berechnung der Abluftmenge

Zweiseitige Absaugung

$$V = 2 v_x L W (W/2 L)^{0,2}$$

V	Volumenstrom	m ³ /s
v_x	Luftgeschwindigkeit an der Stelle „x“	m/s
L	Absaugsteglänge	m
W	Behälterbreite	m



26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

8

Mindesterfassungsgeschwindigkeiten v_x

Verfahrensschritt	Wesentliche Emissionen	Mindest- v_x m/s			
		0,2	0,3	0,4	0,5
Heißentfetten	Wasserdampf	≤50°C	≤80°C		
El. Entfetten	Alkalisalz-Aerosole		≤50°C	>50°C	
H ₂ SO ₄ -Beizen	H ₂ SO ₄ -Aerosole			≤50°C	≤60°C
HCl-Beizen	HCl-Gase, Aerosole			RT	≤40°C
HNO ₃ -Beizen	Stickoxide				≤RT
Alkali-Beizen (Al)	Alkalisalz-Aerosole			≤60°C	≤80°C
Chem. Glänzen (Al)	Alkalisalz-Aerosole				≤110°C

26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

9

Mindesterfassungsgeschwindigkeiten v_x

Verfahrensschritt	Wesentliche Emissionen	Mindest- v_x m/s			
		0,2	0,3	0,4	0,5
Cu (sauer, Lufteinbl.)	H ₂ SO ₄ /CuSO ₄ -A.		RT		
Cu (alkalisch-cyanid.)	CN- Salz-Aeros.		≤40°C	≤60°C	
Cu (chemisch)	Formaldehyd			≤40°C	
Ni (Lufteinblasung)	NiCl ₂ /NiSO ₄ -A.			≤65°C	
Ni (chemisch)	NiSO ₄ -Aerosole			≤60°C	≤98°C
Glanzchrom	CrO ₃ -Aerosole				≤40°C
Hartchrom	CrO ₃ -Aerosole				≤65°C

26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

10

Mindesterfassungsgeschwindigkeiten v_x

Verfahrensschritt	Wesentliche Emissionen	Mindest- v_x m/s			
		0,2	0,3	0,4	0,5
Zn sauer	HCl-Gase			$\leq 40^\circ\text{C}$	
Zn alk.-cyanidisch	Cyan. Salzaeroeros.		RT		
Silber	HCN	RT			
Messing (cyanid.)	Cyan. Salzaeroeros.			RT	$\leq 40^\circ\text{C}$
Anodisieren	H_2SO_4 -Aerosole				$\leq \text{RT}$
Verdichten (Al)	Wasserdampf			$\leq 100^\circ\text{C}$	
Heißspülen	Wasserdampf		$\leq 95^\circ\text{C}$		

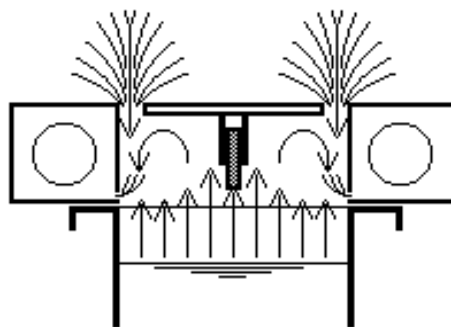
26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

11

Maßnahmen zur Abluftminderung

Deckel am Gestellträger



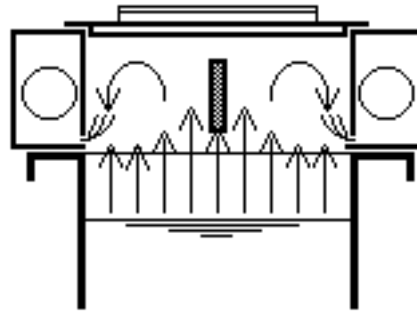
26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

12

Maßnahmen zur Abluftminderung

Deckel durch Transportwagen betätigt



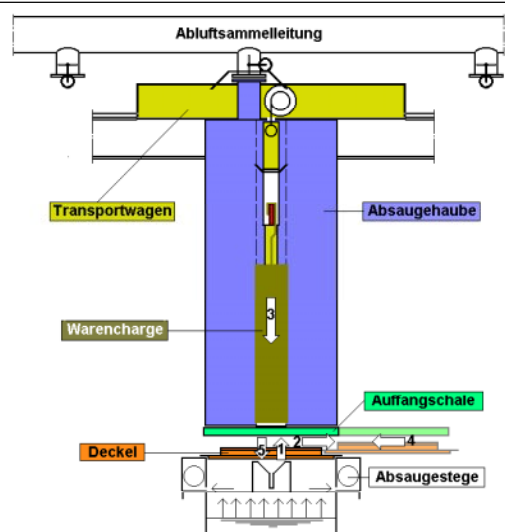
26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

13

Maßnahmen zur Abluftminderung

1. Deckel heben
2. Deckel verschieben
3. Ware absenken
4. Deckel rückschieben
5. Deckel absenken



26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

14

Maßnahmen zur Abluftminderung

Deckel durch Transportwagen betätigt



26.06.2002
Kreisel

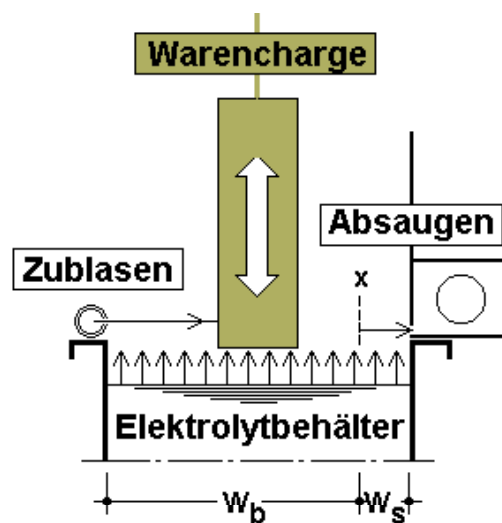
Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

15

Maßnahmen zur Abluftminderung

Push – Pull – System

- gerichtet blasen mit geringen Mengen Luft
- durch verkleinertes W_s verringertes Abluftvolumen
- **Lufterwirbelungen beim Ein- und Ausfahren der Warencharge, daher weniger geeignet für Automaten**

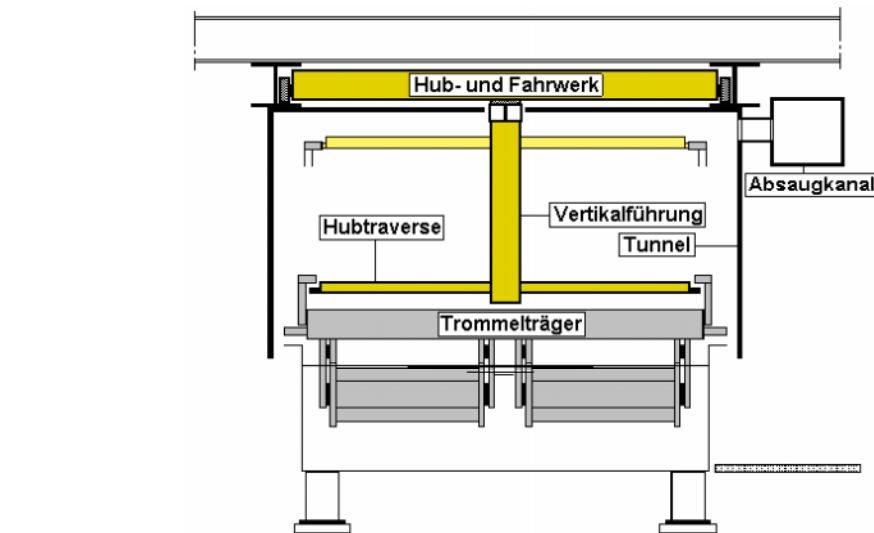


26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

16

Maßnahmen zur Abluftminderung



26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

17

Maßnahmen zur Abluftminderung

Übertunnelung der Anlagenreihe

- Keine Absaugstege
- Gefahrstoffe sollen im Tunnel gesammelt und oben seitlich mit der Luft abgezogen werden
- Gefahrstoffe entweichen durch den Mittelschlitz im Tunneldeckel in den Galvanikraum (Kaminwirkung!)
- Die Zugänglichkeit zur Anlage wird erheblich behindert
- Fazit: Nicht empfehlenswert!

26.06.2002
Kreisel

Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie

18

Maßnahmen zur Abluftminderung

Einhausung der Anlage

- Räumliche Trennung von Anlage und Bedienungsplätzen zum Schutz des Bedienungspersonals vor Gefahrstoffen:
- Abluftanlage muß trotzdem installiert werden
- Erhöhung der Investitionskosten
- Erübrigt sich aus Arbeitsschutzgründen bei sachgerechter Auslegung der Abluftanlage

Energieverbrauch durch die Abluftanlage

- Antriebsenergie des Ventilators
 $e_{el} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ [kWh/m}^3\text{]}$
- Heizenergie zur Erwärmung der Zuluft in der Heizperiode
 $q = 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\vartheta_m \text{ [kWh/m}^3\text{]}$
- Antriebsenergiebedarf
 $A_{el} = V \cdot t_{el} \cdot e_{el} \text{ [kWh]}$
- Heizenergiebedarf
 $A_H = V \cdot t_H \cdot q \text{ [kWh]}$

$\Delta\vartheta_m$Mittlere Temperaturdifferenz in °C während der Heizperiode

V.....Abgesaugte Luftmenge in m³/Stunde

t_{el}Betriebsstunden

t_HHeizstunden

Energieverbrauch durch die Abluftanlage

- Der Energiebedarf der Abluftanlage ist direkt proportional der abgesaugten/zugeführten Luftmenge
- Der Heizenergiebedarf hängt vom Standort der Galvanoanlage ab
- **Durch geeignete konstruktive Maßnahmen kann der Abluft-/ Zuluftbedarf und somit der Energiebedarf reduziert werden**

Literaturhinweis:

In Kürze erscheint beim ZVO, Hilden ein „Leitfaden zur Auslegung von Abluftanlagen an Galvanoanlagen“, dem einige Tabellen und Abbildungen dieser Präsentation entnommen wurden.

Referenten

Bayer. Landesamt für Umweltschutz
86177 Augsburg

Dr. Michael Rössert
Tel.: (0821) 90 71 – 52 18
Fax: (0821) 90 71 – 55 60
E-mail: michael.roessert@lfu.bayern.de

Dr. Josef Hochhuber
Tel.: (0821) 90 71 – 52 39
Fax: (0821) 90 71 – 55 60
E-mail: josef.hochhuber@lfu.bayern.de

Bayerisches Staatsministerium für Landes-
entwicklung und Umweltfragen
Postfach 81 01 40
81901 München

Dr. Rainer Meixlsperger
Tel.: (089) 92 14 – 33 86
Fax: (080) 92 14 – 24 51
E-mail: rainer.meixlsperger@stmlu.bayern.de

LGA
Tillystr. 2
90431 Nürnberg

Dipl.-Ing. Gerhard Lips
Tel.: (0911) 6 55 – 54 44
Fax: (0911) 6 55 – 56 79
E-mail: aili@lga.de

Ingenieurbüro Beyer
Felsenstr. 79
90449 Nürnberg

Dipl.-Ing. Karl Beyer
Tel.: (0911) 6 92 40 2
Fax: (0911) 6 99 98 28
E-mail: karl.beyer@arcormail.de

Thoma Metallveredelung GmbH & Co KG
Achstr. 14
87751 Heimertingen

Andrea Thoma-Böck
Tel.: (08335) 98 22 – 0
Fax: (08335) 98 22 – 50
E-mail: info@thoma-metallveredelung.de

Dipl.-Ing. (FH) Rolf Koch
Tel.: (08335) 98 22 – 0
Fax: (08335) 98 22 – 50
E-mail: info@thoma-metallveredelung.de

Zentralverband für Galvano- und Oberflä-
chentechnik
Lenkungsgruppe Umwelt
Kranichstr. 3
40789 Monheim am Rhein

Dipl.-Ing. Josef Hasler
Tel.: (02173) 3 07 74
Fax: (02173) 93 18 87
E-mail: josef.hasler@freenet.de

MUNK GmbH
Gewerbepark 10
59069 Hamm-Rhynern

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschaftsing. (FH)
Thomas Mark

Tel.: (02385) 74 – 0
Fax: (02385) 74 – 55
E-mail: info@munk.de

HARTER Oberflächen- und Umwelttechnik
GmbH
Harbatshofen 50
88167 Stiefenhofen

Dipl.-Ing. (FH) Joachim Bach

Tel.: (08383) 92 23 – 0
Fax: (08383) 92 23 – 22
E-mail: info@harter-gmbh.de

Richard Tscherwitschke GmbH
Dieselstr. 21
70771 Leinfelden-Echterdingen

Dipl.-Ing. Andreas Lewin

Tel.: (0711) 79 73 41 – 0
Fax: (0711) 79 73 41 – 70
E-mail: lewin@tscherwitschke.com

enwikon Energiewirtschaftliche Konzepte
GmbH
Am Blütenanger 71
80995 München

Dipl.-Ing. Dieter Köhler

Tel.: (089) 15 81 21 – 51
Fax: (089) 15 81 21 – 50
E-mail: info@enwikon.de

Fachverband Oberflächentechnik e.V.
Technischer Ausschuss
Händelstr. 9
90491 Nürnberg

Dipl.-Ing. (FH) Rudolf Kreisel

Tel.: (0911) 51 14 76
Fax: (0911) 51 62 33
E-mail: kreisel-nuernberg@t-online.de